

Aus dem Institut für Phytopathologie
der Justus Liebig-Universität Gießen

Untersuchungen
über Entwicklung, Biologie und Verhalten
von *Apion seniculus* Kirby (Col., Curculionidae)

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
bei der Landwirtschaftlichen Fakultät
der Justus Liebig-Universität Gießen

eingereicht von
B. Sc. (agr.) und Dipl.-Ing. agr.
Kwanchai Sombatsiri
aus Samutsongkhram/Thailand

Gießen 1971

Aus dem Institut für Phytopathologie
der Justus Liebig-Universität Gießen

**Untersuchungen
über Entwicklung, Biologie und Verhalten
von *Apion seniculus* Kirby (Col., Curculionidae)**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
bei der Landwirtschaftlichen Fakultät
der Justus Liebig-Universität Gießen

eingereicht von

B. Sc. (agr.) und Dipl.-Ing. agr.

Kwanchai Sombatsiri

aus Samutsongkhram/Thailand

Gießen 1971

Aus dem Institut für Psychologie
der Freien Universität Berlin

Vorlesungen
über Biologische Biologie und Verhalten
von Agnès reulante Kitz (Cal, Curculionidae)

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
bei der Medizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin



Dekan: Professor Dr. R. Waßmuth

1. Berichterstatter: Professor Dr. W. Stein

2. Berichterstatter: Professor Dr. H. Linser

Tag der mündlichen Prüfung: 8. Juli 1971

Gedruckt mit Unterstützung des Deutschen
Akademischen Austauschdienstes

Leiden 1971

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
1. <u>Einleitung</u>	4
2. <u>Allgemeine Methoden der Haltung und Zucht von</u> <u>Apion seniculus im Laboratorium</u>	5
3. <u>Die Entwicklung von A.seniculus</u>	6
3.1. Dauer des Eistadiums	7
3.2. Zahl und Dauer der Larvenstadien	7
3.3. Dauer des Puppenstadiums	8
3.4. Lebensdauer der Imagines	8
3.5. Zusammenfassung der Entwicklungsdaten	9
3.6. Ausfärbung von Puppe und Imago	10
4. <u>Morphologie</u>	11
4.1. Die Maße der verschiedenen Entwicklungs- stadien	11
4.1.1. Ei	11
4.1.2. Larve	12
4.1.3. Puppe	13
4.1.4. Imago	14
5. <u>Biologie, Ökologie und Verhalten</u>	14
5.1. Die Phänologie von <u>A.seniculus</u>	14
5.1.1. Kopulationszeit	14
5.1.2. Eiablagezeit	15
5.1.3. Die Zahl der abgelegten Eier	17
5.1.4. Das Erscheinen der neuen Generation	17
5.1.5. Das Erscheinen aus dem Winterlager	17
5.1.6. Überwinterung	18
5.1.7. Die Fraßperioden der Imagines	18
5.1.8. Zusammenfassung der phänologischen Befunde	20
5.2. Untersuchungen zum Wirtspflanzenspektrum	20
5.2.1. Brutpflanzen	21
5.2.2. Nährpflanzen	23

	<u>Seite</u>
5.3. Beobachtung über das Verhalten von	
<u>A.seniculus</u>	25
5.3.1. Das Fraßverhalten der Larven	25
5.3.1.1. Die Länge des Fraßganges	25
5.3.1.2. Bewegungsrichtung der Larven	26
5.3.2. Das Verhalten der Imagines	27
5.3.2.1. Untersuchungen zum Fraßverhalten	27
5.3.2.1.1. Beziehungen zwischen Fraß, Alter der Käfer und Alter der Rotkleeblätter	27
5.3.2.1.2. Bevorzugung von Spitzen- bzw. Basal- hälfte eines Blattes als Fraßort bei jungen und alten Käfern	29
5.3.2.1.3. Bevorzugung von Ober- bzw. Unterseite eines Blattes als Fraßort bei jungen und alten Käfern	30
5.3.2.1.4. Die Bedeutung von Licht und Schwer- kraft für das Fraßverhalten	31
5.3.2.1.5. Der Stiel- und Stengelfraß	33
5.3.2.1.6. Das Nagen von Eisblage-Löchern	33
5.3.2.1.7. Variation des Fraßbildes	33
5.3.2.2. Verhalten bei der Kopulation	33
5.3.2.3. Auswahl des Eisblageortes	34
5.3.2.4. Verhalten bei der Eisblage	35
5.3.2.5. Beziehungen zwischen Zahl der Eisblage- Löcher und Zahl der abgelegten Eier	35
6. <u>Intraspezifische Konkurrenz der Larven von</u> <u>A.seniculus</u>	35
7. <u>Das Vorkommen von Wirtsrassen bei A.seniculus</u>	36
7.1. Eizahl	37
7.2. Körpergröße der Imagines	38
7.3. Größe der Eier	38
7.4. Entwicklungsgeschwindigkeit	39
7.5. Larvenmortalität	40
8. <u>Diskussion</u>	42
9. <u>Zusammenfassung</u>	51
10. <u>Literaturverzeichnis</u>	53

1. Einleitung

Rüsselkäfer der Gattungen Sitona, Apion und Phytonomus gehören im Dauergrünland und in Leguminosen-Kulturen zu den häufigsten phytophagen Insekten. Durch Fraß an Bakterienknöllchen, Blättern und Samen können sie häufig wirtschaftliche Bedeutung erlangen (DICKLER 1968, EL-DESSOUKI 1970, KOKORIN 1962, MARKKULA et al. 1964, STEIN 1967 u.a.).

Eine wichtige Art ist das bleigraue Klee-Spitzmäuschen Apion seniculus Kirby, das besonders auf Kleearten vorkommt. Dieser Käfer erscheint in Deutschland und Ungarn am häufigsten im Rotklee, während er in Finnland fast ausschließlich im Schwedenklee auftritt (BACHTHALER 1957, BOLLOW und DIERCKS 1960, DESEÖ 1967, MARKKULA und MYLLYMÄKI 1957). Nach KOKORIN (1962) war A.seniculus in Rußland ein wichtiger Schädling im Schwedenklee. Die Schädigung wird durch die im Stengel minierenden Larven hervorgerufen und führt zu einer anomal langsamen und ungleichmäßigen Entwicklung der nachwachsenden Triebe. Bei starkem Befall sterben diese teilweise oder ganz mit verdorrten Blättern ab (BACHTHALER 1957, BOLLOW und DIERCKS 1960). Die Adulten fressen hauptsächlich an den Blättern, teils auch am Blattstiel und Stengel.

A.seniculus ist sowohl in verschiedenen Ländern Europas als auch im Mittelmeergebiet und Asien verbreitet (BOLLOW und DIERCKS 1960). Zum ersten Mal wurde über Schäden in Rußland 1913/1914 (Gouvernement Tula) berichtet (SOPOTZKO 1915). Danach erschienen zahlreiche Publikationen über die wirtschaftliche Bedeutung dieses Käfers in anderen Ländern Europas. Nach BOLLOW und DIERCKS (1960) wurden z.B. folgende Schadensfälle gemeldet: in Deutschland (Oberbayern 1926/1929, Niederbayern 1956), Schweden (1935), Litauen (1936/1941), Tschechoslowakai (1948) und Finnland (1957/1958). Im Raum Hessen (Deutschland) maß STEIN (1967) dem häufigen Auftreten von A.seniculus Bedeutung zu. BACHTHALER (1957) schätzte den Ertragsverlust bei Rotklee durch A.seniculus in Niederbayern im Jahr 1956 für den 2. Schnitt auf 10-25%.

Trotz dieser zahlreichen Veröffentlichungen über seine wirtschaftliche Bedeutung war bisher nur wenig Allgemeines von A.seniculus bekannt. In der vorliegenden Arbeit sollte deshalb versucht werden, Klärung in die noch zahlreichen offenen Fragen zu bringen, um ein möglichst abgerundetes Bild über Entwicklung, Biologie, Wirtspflanzenkreis und Verhalten dieses Curculioniden zu bekommen.

2. Allgemeine Methoden der Haltung und Zucht von A.seniculus im Laboratorium

Für die allgemeine Haltung und Zucht von A.seniculus wurden die von STEIN (1968) für A.virens angewendeten Methoden benutzt. Spezielle Methoden sind in den jeweiligen Abschnitten angeführt.

Haltung der Imagines

Die aus dem Freiland oder aus Laboratoriumszuchten stammenden Käfer wurden in Plastik- oder Glas-Petrischalen ($\varnothing$ 9 cm) gehalten. Als Futter dienten Ackerrotklee-Blätter, die in einem mit Wasser gefüllten Glasröhrchen steckten und mit Plastilin abgedichtet waren. So hielten sie sich bis zu 6 Tagen frisch.

Larvenzucht

Die bei der Laboratoriumshaltung der Käfer in den Blattstiel abgelegten Eier wurden nach Aufpräparation des Stieles entnommen und anschließend in 0,5%iger NaCl-Lösung bis zum Schlüpfen der Eilarven aufbewahrt. Dann wurden diese in den Stengel einer Wirtspflanze implantiert. Hierbei wurde mit Hilfe einer Lanzettznadel eine etwa 2x5 mm große Zunge aus dem Stengel ausgestochen, diese hochgeklappt und die Larve dann mit einem feinen Pinsel in das Pflanzengewebe eingesetzt. Da die Larve gegen das Austrocknen sehr empfindlich ist, muß die Zunge nach der Implantation sorgfältig angedrückt und mit einem Seidenfaden verbunden werden. Bei A.virens war die Implantation zu 80-100% erfolgreich (STEIN 1968), bei A.seniculus dagegen nur zu 50-70%. Diese hohe Sterblichkeit der Larven ist wahrscheinlich durch die Störung während der Implantation und auch vermutlich durch den in jungen Rotklee-stengeln vermehrt vorhandenen Saft verursacht. Um eine gegen-

seitige Störung der Larven zu verhindern, wurde nur eine Larve pro Stengel implantiert.

Bei der Kontrolle wurden die Larven aus den Stengeln herauspräpariert.

3. Die Entwicklung von A.seniculus

Die Lebensweise der präimaginalen Stadien von A.seniculus ist ähnlich wie die von A.virens und verläuft im Gewebe der Pflanze von außen unsichtbar. Deswegen ist die Untersuchung der Entwicklung so schwierig. Zu diesem Zweck müßten Eier, Larven und Puppen aus dem Pflanzengewebe herauspräpariert und anschließend wieder neu implantiert werden. Da dies aber zu einer Störung und Verletzung von Larven und Puppen führen würde, und so keine einwandfreien Ergebnisse zu erwarten wären (STEIN 1968), wurde die Entwicklungsdauer dieser Stadien indirekt bestimmt.

Um die Dauer des Eistadiums zu ermitteln, wurden die frisch abgelegten Eier aus dem Stengel oder Blattstiel herauspräpariert und anschließend in einer 0,5%igen NaCl-Lösung aufbewahrt. Diese Lösung ist nach STEIN (1968) für Eier von A.virens sehr geeignet. Frisch geschlüpfte Larven von A.virens konnten in ihr etwa 2-3 Tage überleben, Larven von A.seniculus etwa 1-2 Tage. Ungefähr 21% der in diese Lösung eingebrachten Eier schlüpften nicht aus. Diese hohe Mortalität der Eier beruht wahrscheinlich einerseits auf der Verletzung während der Präparation, andererseits kann es sein, daß die Lösung für die Eier von A.seniculus nicht so geeignet ist wie für A.virens.

Die geschlüpften Larven wurden mit Hilfe eines Pinsels aus dieser Lösung herausgeholt und anschließend in Ackerrotklee-stengel implantiert. Die Pflanzen wurden dann in einem Raum mit einer Temperatur von $21 \pm 3^{\circ}\text{C}$ ($\bar{\varnothing} 20,5^{\circ}\text{C}$) bei Tageslicht gehalten. Die größeren Schwankungen traten nur kurzfristig in den Mittagstunden und während der Nacht auf. In Abständen von je einem Tag wurden 10-15 Larven herauspräpariert und in Pampel-Lösung aufbewahrt. Durch diese Lösung werden die Larven konserviert, die Körpermaße ändern sich nicht mehr (SCHERF 1964). Jetzt wurden Kopfkapselbreite und Körperlänge der

Larven unter dem Mikroskop mit Hilfe eines Meßokulars gemessen und anschließend der Mittelwert für jeden Entwicklungstag errechnet.

Da die abgestreiften Kopfkapseln in den Pflanzen mit Kot vermischt sind, ist es sehr schwierig, alle zur Bestimmung des Larvenstadiums zu finden. Deshalb wurden die Fraßgänge unter dem Binokular sorgfältig abgesucht.

Zur Ermittlung der Dauer des Puppenstadiums wurden die frisch aus den Stengeln präparierten Puppen auf feuchtem Filtrierpapier in einer kleinen Plastikschaale weitergezogen.

3.1. Dauer des Eistadiums

Bei etwa 20,5°C betrug die Entwicklung von 60 Eiern durchschnittlich 8-9 Tage. Extremwerte von 6 bzw. 11 Tagen wurden nur selten erreicht. Bei der Temperatur im Laboratorium (tagsüber etwa 21-27°C) dauerte das Eistadium ungefähr 6-7 Tage. Einige Eier entwickelten sich schon in 5 Tagen. Diese Angaben stimmen mit der Beobachtung von SERVADEI (1957) überein, der für die Eientwicklung etwa eine Woche angegeben hat.

3.2. Zahl und Dauer der Larvenstadien

Abb. 1 zeigt die Mittelwerte der Kopfkapselbreite und deren Schwankungsbereiche an den einzelnen Entwicklungstagen. Die Größe der Kopfkapseln steigt bis zum 19. Tag ständig an, um danach etwa gleich zu bleiben. Dies läßt sich damit erklären, daß die Larven etwa vom 17. Tag an kaum noch Nahrung aufnehmen und mit der Bildung der Puppenkammer beginnen.

Nach Abb. 1 liegen bei A. seniculus 3 Larvenstadien vor.

Bei zahlreichen Beobachtungen unter dem Binokular wurden ebenfalls maximal nur 3 Kopfkapseln gefunden. Der durchschnittliche Wert der Kopfkapselbreite vom ersten Larvenstadium beträgt 0,22 mm, vom zweiten 0,27 mm und vom dritten 0,37 mm.

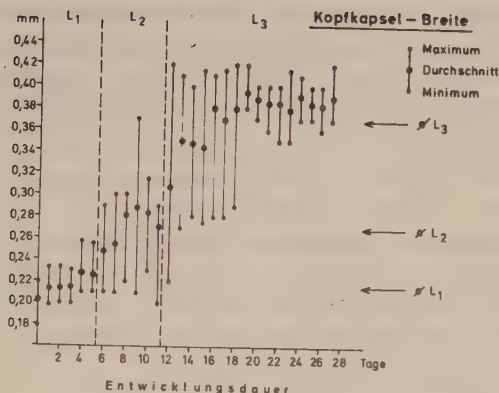


Abb. 1: Die Kopfkapselbreite der Larven von A. seniculus an den verschiedenen Entwicklungstagen

Die Dauer der einzelnen Larvenstadien wurde nach der Kopfkapselbreite und Zahl der aufgefundenen Kopfkapseln beurteilt. Bei 60 untersuchten Larven wurden die ersten abgestreiften Kopfkapseln am 6. Tag gefunden, zwei gleichzeitig vorliegende Kopfkapseln traten normalerweise vom 12. Tag an auf, so daß dieser Tag als Beginn des 3. Larvenstadiums angesehen werden konnte. Vom 21. Tag an wurden regelmäßig Puppen gefunden. Mehr als 50% der Larven waren am 24. Tag verpuppt, so daß als durchschnittliches Ende des 3. Larvenstadiums dieser Tag angesehen werden kann.

3.3. Dauer des Puppenstadiums

Die Dauer des Puppenstadiums betrug bei durchschnittlich 20,5°C etwa 7 Tage. SERVADEI (1956) gab das Puppenstadium ebenfalls mit etwa einer Woche an.

3.4. Lebensdauer der Imagines

Die Lebensdauer von 15 untersuchten Imagines im Laboratorium war stark unterschiedlich. Drei Käfer starben schon nach 3-5 Monaten. Fast die Hälfte der Käfer hatte eine Lebensdauer zwischen 9 und 11 Monaten. Einige lebten 16 und 18 Monate. Zwei weitere Käfer lebten bis zu 21 Monaten.

Es erhebt sich die Frage, wie lange die frisch ausgeschlüpften Käfer ohne Nahrung leben können. Bei Untersuchungen mit zwei Männchen und zwei Weibchen überlebten die Männchen nur 3 bzw. 4 Tage, die Weibchen 7 bzw. 12 Tage. Das legt den Schluß nahe, daß frisch geschlüpfte Weibchen länger als Männchen ohne Nahrung leben können.

Bei überwinterten Käfern, die an ungeeigneten Wirtspflanzen im Sommer gehalten wurden, starben umgekehrt die Weibchen früher als die Männchen. Untersucht wurden 4 Pärchen, die an Hornschotenklee, Wicke bzw. Dauerlupine gehalten wurden. Nach 10 Tagen an Hornschotenklee starben 3 Weibchen und 1 Männchen, an Wicke nur 2 Weibchen; nach 5 Tagen an Lupine starben schon 4 Weibchen und 1 Männchen.

3.5. Zusammenfassung der Entwicklungsdaten

In der Abb. 2 wird die Dauer der einzelnen Stadien noch einmal zusammengefaßt. Die Entwicklung des Präimaginalstadiums beträgt im Durchschnitt 40 Tage (bei 20,5°C). Die Imagines leben etwa 1 Jahr.

Ei	Larve 1.Stad.	Larve 2.Stad.	Larve 3.Stad.	Puppe	Imago
8	5	6	14	7	- 365 Tage

Abb. 2: Die Dauer der einzelnen Entwicklungsstadien

In Freilandbeobachtungen von SERVADEI (1956) in Italien ergab sich eine Dauer des Eistadiums und Puppenstadiums von etwa je einer Woche, während die Larven rund 45 Tage zur Vollentwicklung brauchten. Im Raum Gießen hatten sich etwa

80% der implantierten Larven bei Freilandhaltung der Pflanzen am 35. Tag verpuppt.

3.6. Ausfärbung von Puppe und Imago

Die Ausfärbung der Puppe wurde bei den bereits genannten Laboratoriumsbedingungen ($\varnothing 20,5^{\circ}\text{C}$) ermittelt und die Beobachtungen in Tabelle 1 zusammengefaßt. Insgesamt standen 20 Puppen zur Verfügung.

Tabelle 1: Die Ausfärbung der Puppen von A.seniculus

Alter	Kopf	Brust	Hinterleib
1.-2.Tag	Keine Ausfärbung	Keine Ausfärbung	Keine Ausfärbung
3. Tag	Augen hellbraun oder hell-rot-braun	Keine Ausfärbung	Keine Ausfärbung
4.-5.Tag	Augen dunkelbraun oder dunkel-rotbraun	Keine Ausfärbung	Keine Ausfärbung
6. Tag	Mundwerkzeug braun oder rotbraun	Keine Ausfärbung	Keine Ausfärbung
7. Tag (Morgen)	Rüsselspitze bis zum Fühleransatz grau. Fühler grau	Klauen dunkelgrau, Tibiabasen, Femoraspitzen, Femorabasen und Coxae grau, Flügeldeckenspitze, Prothorax hellgrau	Abdominalspitze grau oder hellgrau
(Abend)	Bis Augenhinter- rand grau bis schwarz	Flügeldecken noch hellgrau, Halsschild grau, Meso-, Meta-thorax (Tergum) hellgrau, Seitenstreifen der Mittelbrust schwarz	Abdominalspitze grau bis schwarz

Die Ausfärbung bei A.seniculus zeigte in großen Zügen keine Unterschiede zu der von A.virens (STEIN 1968). Aus Tab. 1 geht hervor, daß der Zeitpunkt der Ausfärbung um maximal einen Tag variieren kann.

Am Anfang der Ausfärbung erfolgt die Pigmentierung der Augen und anschließend der Mundwerkzeuge. Eine progressive Ausfärbung findet zunächst von Rüsselspitze bis zum Hinterrand der Augen statt. Gleichzeitig werden Thorax (Tergum), Flügeldeckenspitze und die Glieder der Beine an der Spitze oder an der Basis hellgrau oder grau gefärbt. Die Sternalpartien des Abdomens sind, von den letzten Segmenten abgesehen, noch ungefärbt.

Beim Schlüpfen wird die Puppenhaut zuerst am Rüssel in kleinen Fetzen abgestreift, dann strecken sich die Beine. Schließlich verkürzt sich das Abdomen nach vorn und die Flügel legen sich nach hinten dem Abdomen an.

Imago

Der frisch geschlüpfte Käfer ist noch weitgehend unausgefärbt. Folgende Teile sind noch mehr oder weniger hell: Kopf hinter und unter den Augen, Sternalpartie der Brust, Teile der Femora und Tibien, Flügeldecken und Sternalpartie des Abdomens.

Flügeldecken und Sternalpartie des Abdomens bleiben am längsten hellgrau. Der Käfer kann sich am 1. oder 2. Tag völlig ausfärben. Am Anfang sind die Flügeldecken noch weich. Sie erhärten dann in den nächsten Tagen endgültig.

Bei A.virens starben die Käfer im unausgefärbten Zustand, wenn sie keine Nahrung aufgenommen hatten (STEIN 1968). Demgegenüber färbte sich A.seniculus auch ohne Nahrungsaufnahme vor dem Absterben vollständig.

4. Morphologie

4.1. Die Maße der verschiedenen Entwicklungsstadien

4.1.1. Ei

Das Ei hat meistens eine elliptische Form. Oft ist es fast kugelförmig, seltener findet sich eine Birnenform. Normalerweise ist das Ei weißlich, einige sind weißlichgelb. Die Messungen an 20 Eiern ergaben folgende Werte:

Durchschnittsmaße	=	0,28 x 0,37 mm
minimale Breite	=	0,21 "
maximale Länge	=	0,52 "

Diese Werte stimmen mit den Ergebnissen von MARKKULA und MYLLYMÄKI (1958) überein (Durchschnitt $0,28 \times 0,38$ mm).

Die Größe der Eier an den verschiedenen Tagen der Embryonalentwicklung bei Zimmertemperatur zeigt die folgende Tab. 2. Die hierfür benötigten Eier wurden bis zum Zeitpunkt der Messung in den Blattstielen gelassen, in die sie hineingelegt worden waren.

Tabelle 2: Die Eigröße an den verschiedenen Entwicklungstagen

Alter (Tag)	Zahl der gemessenen Eier	Ø Breite (mm)	Schwankungs- bereich (mm)	Ø Länge (mm)	Schwankungs- bereich (mm)
1.	10	0,27	0,26-0,29	0,39	0,36-0,44
2.	11	0,27	0,25-0,29	0,41	0,35-0,45
3.	10	0,34	0,32-0,36	0,46	0,40-0,53
4.	14	0,34	0,28-0,39	0,44	0,35-0,55
5.	13	0,35	0,32-0,39	0,45	0,37-0,52
6.	10	0,34	0,32-0,37	0,43	0,37-0,47

Aus der Tab. 2 ist ersichtlich, daß die Größe der Eier bis zum 3. Tag deutlich zunimmt, um dann mehr oder weniger konstant zu bleiben. Auch SCHERF (1964) berichtete über die Veränderung der Eigröße bei Rüsselkäfern im Laufe der Embryonalentwicklung. Durch die osmotische Wasseraufnahme aus der Umgebung wird dabei das elastische Chorion durch den wachsenden Binnendruck gedehnt.

4.1.2. Larven

Die Kopfkapselbreiten der verschiedenen Larvenstadien wurden für die einzelnen Entwicklungstage schon in der Abb. 1 gezeigt.

Die Ergebnisse der Körperlänge-Messungen der Larven an den verschiedenen Entwicklungstagen sind in Abb. 3 eingetragen. Die Messung der Larvenlänge erfolgte im gekrümmten Zustand einschließlich Kopfkapsel. Um Messungsfehler weitgehend zu vermeiden, wurde die Mitte der Larvenlänge mit Zigaretten-

asche markiert, und anschließend die Länge zum Kopf- bzw. Hinterende gemessen.

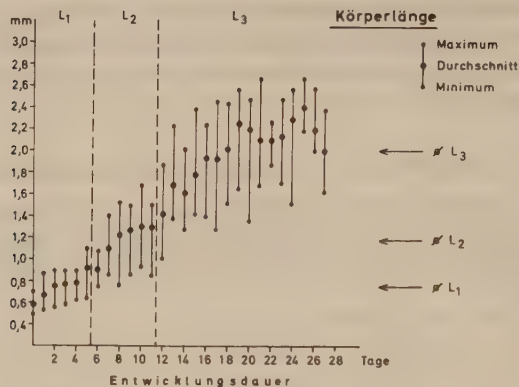


Abb. 3: Die Körperlänge der Larven von A. seniculus an den verschiedenen Entwicklungstagen

Die Abbildung zeigt das kontinuierliche Wachstum der Larven vom Schlüpfen bis zum 19. Tag. Vom 20. Tag an bleibt dann die Körperlänge ziemlich konstant. Als Durchschnittswerte für die einzelnen Stadien wurden folgende Zahlen ermittelt:

Stadium	Anzahl der gemessenen Larven	Ø Körperlänge (mm)
L ₁	60	0,75
L ₂	60	1,18
L ₃	139	2,01

4.1.3. Puppe

Von insgesamt 12 Puppen wurde die Körperlänge gemessen. Die folgende Aufstellung zeigt die wichtigsten Meßdaten:

Durchschnittliche Länge	=	1,94	mm
minimale Länge	=	1,75	"
maximale Länge	=	2,22	"

Hierbei sind männliche und weibliche Puppen zusammengefaßt, da letztere nur sehr wenig größer sind als die der Männchen (ϕ 1,99 bzw. 1,90 mm).

4.1.4. Imago

Von 20 Weibchen und 20 Männchen wurden Körperlänge (ohne Rüssel) und Rüssellänge gemessen. Die Werte sind aus der nachfolgenden Aufstellung zu entnehmen.

	Körperlänge in mm		Rüssellänge in mm	
	Männchen	Weibchen	Männchen	Weibchen
ϕ	2,01	2,15	0,54	0,81
minimal	1,78	1,99	0,48	0,68
maximal	2,15	2,33	0,59	0,89

Die Weibchen sind also im Durchschnitt größer als die Männchen und auch ihr Rüssel ist deutlich länger als der der Männchen. Selbst die Minimalwerte der Rüssellänge sind bei den Weibchen höher als die Maximalwerte bei den Männchen.

5. Biologie, Ökologie und Verhalten

5.1. Die Phänologie von A.seniculus

In zweijährigen Beobachtungen der Käfer im Freiland und in Laboratoriumszuchten konnte der Lebenszyklus ermittelt werden. Die wichtigsten Abschnitte sollen nachfolgend etwas ausführlicher betrachtet werden.

5.1.1. Kopulationszeit

Bei A.seniculus konnten zwei Kopulationszeiten beobachtet werden: die eine beginnt Ende März oder Anfang April, eine zweite liegt im Herbst.

Daß eine Kopulation einige Monate nach dem Schlüpfen der Käfer im Herbst ausreichend für die Ablage befruchteter Eier während des ganzen Lebens ist, zeigte folgender Versuch. Mittels eines Berlese-Apparates (DICKLER 1968) wurden Käfer, die noch im Boden überwinterten, am 25.2.1970 gewonnen. Zwei Weibchen wurden einzeln in Petrischalen gehalten. Schon nach 2-3 Wochen legten sie befruchtete Eier ab, die normal schlüpften.

Auch ohne Kopulation können die Weibchen Eier ablegen, sie sind aber nicht befruchtet.

5.1.2. Eiablagezeit

Bei A.seniculus ergab sich nur eine längere Eiablagezeit im Frühjahr/Sommer (April - August). Sowohl Käfer aus Labortoriuzuchten als auch aus Freilandfängen haben im Herbst keine Eier abgelegt. Die Eizahl schwankt im Laufe der Eiablagezeit. Das Maximum liegt im Mai. Die Ergebnisse von 10 Weibchen wurden in Abb. 4 zusammengestellt.

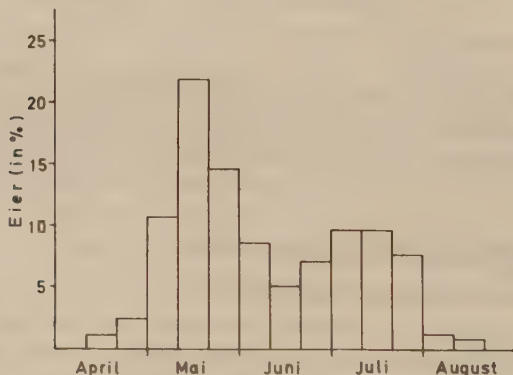


Abb. 4: Die Eiablagezeit von A.seniculus (Angaben in Prozent der Gesamteizahl).

Nach BOLLOW und DIERCKS (1960), MARKKULA und MYLLYMAKI (1957) und SCHERF (1964) reicht die Eiablagezeit von Mitte oder Ende Mai bis Mitte August, während nach DESEÖ (1967) das

Weibchen die Eier etwa Mitte April legt. Von den zwei im vorigen Abschnitt erwähnten Weibchen, die schon Anfang März Eier legten, hörte eines Ende Juni auf und starb bald, das andere legte dagegen noch bis Ende Juli Eier ab.

In einer besonderen Versuchsreihe wurde untersucht, zu welcher Tageszeit die Weibchen fressen und Eier legen, und ob eine Beziehung zwischen Eizahl und Fraßaktivität besteht. Untersucht wurden 20 einzeln gehaltene Weibchen.

Die Ergebnisse der 6 Kontrollen pro Tag sind in Abbildung 5 wiedergegeben.

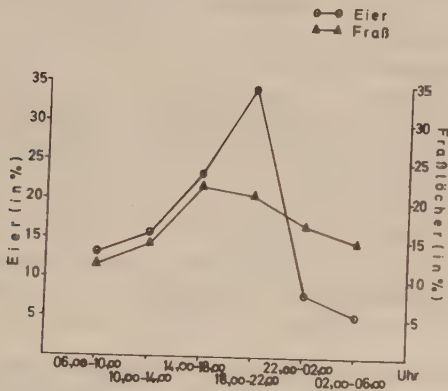


Abb. 5: Eisblage und Fraßtätigkeit zu verschiedenen Tageszeiten (Angaben in Prozent der Gesamtwerte)

Aus ihr läßt sich entnehmen, daß der Fraß der Weibchen und die Eisblage vornehmlich in der Zeit zwischen 14.00-22.00 Uhr stattfinden. Dabei hebt sich ein sehr deutliches Maximum der Eisblage zwischen 18.00 und 22.00 Uhr heraus, während die Fraßkurve etwas flacher verläuft mit dem Maximum vor der Haupteisblagezeit.

5.1.3. Die Zahl der abgelegten Eier

Bei 10 im Laboratorium gehaltenen Weibchen schwankte die Eizahl an Rotklee von 16 bis 153 (Durchschnitt 78 Eier pro Weibchen). Der Versuch begann Anfang März vor der Eisblagezeit und dauerte bis zu ihrem Ende. Bei OZOLS (1938) findet sich eine Angabe von 44-262 Eiern (Durchschnitt 171), während MARKKULA und MYLLYMÄKI (1957) 26-67 Eier an Schwedenklee (Durchschnitt 50 Eier) genannt haben. Nach KOKORIN (1960) wurden 23-157 Eier pro Weibchen in einer Periode von 45-65 Tagen abgelegt.

5.1.4. Das Erscheinen der neuen Generation

Nach STEIN (1968) sind die jungen Käfer bei A.virens 2-3 Tage nach dem Ausschlüpfen noch nicht voll ausgefärbt, so daß sie hieran gut zu erkennen sind.

Von Ende Juni an wurden A.seniculus-Käfer aus Rotkleeefeldern regelmäßig gekätschert oder mit der Pinzette eingesammelt. Wegen des geringen Auftretens konnten nur einige Käfer gefangen werden. Alle Tiere waren gut ausgefärbt. Da sich auch bei den Laboratoriumszuchten zeigte, daß die Käfer schon voll ausgefärbt sind, wenn sie sich aus dem Stengel herausfressen, konnte somit das Erscheinen der neuen Generation nur indirekt ermittelt werden.

Die gesamte Entwicklung vom Ei bis zur Imago dauerte unter Freilandsbedingungen ungefähr 47 Tage. Das Erscheinen der neuen Generation hängt aber sehr von der Witterung und dem Pflanzenwachstum ab. Wenn die Käfer schnell ihren Überwinterungsort verlassen können, haben sie größere Chancen, früh zu kopulieren und auch Eier abzulegen. Außerdem muß das Pflanzenwachstum für die Eisblage ausreichend sein. Im allgemeinen kann angenommen werden, daß von Mitte Juni an die neue Generation auftritt. SERVADEI (1957) berichtete, daß die Imagines von Mitte Mai bis Anfang Juli ausschlüpfen, während STEIN (1967) Mitte Juli nur 1-2 Käfer der neuen Generation fand.

5.1.5. Das Erscheinen aus dem Winterlager

Nach SCHNELL (1955) erschienen die ersten überwinterten Rüsselkäfer in Schleswig-Holstein im März (Monatsmittel 8,2°C)

auf den Pflanzen, während im Januar und Februar bei jeweils $2,1^{\circ}\text{C}$ Monatsdurchschnitt, die Käfer noch im Winterlager steckten. BOLLOW und DIERCKS (1960) berichteten, daß die Käfer, je nach Witterung, zwischen Ende März und Anfang April aus dem Winterlager hervorkamen. Nach SERVADEI (1957) fing die Aktivität von A.seniculus in Italien wieder im März an.

Während der Beobachtungen in Gießen im Januar 1969 (Monatsmittel $1,8^{\circ}\text{C}$) und Februar (Monatsmittel $-1,5^{\circ}\text{C}$) blieb A.seniculus noch im Winterlager. Im gleichen Jahr war die Temperatur auch im März (Monatsmittel $2,7^{\circ}\text{C}$) noch zu tief für sein Auftreten. Die ersten Käfer wurden so erst Anfang April gefangen (Dekadenmittel: 20.3. - 31.3.1969 $2,3^{\circ}\text{C}$, 1.4. - 10.4.1969 $9,5^{\circ}\text{C}$).

Nach Untersuchungen an je 4 Weibchen und 4 Männchen bei Temperaturstufen von 2° , 4° , 6° und 8°C (jeweils $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$) zeigten die Käfer bei 2°C und 4°C keinen Fraß. Die Fraßaktivität fing erst bei 6°C bzw. 8°C an. Bei 6°C fand sich bei einem Männchen nur ein Fraßloch, bei 8°C fraß ein Männchen 2 Löcher und ein Weibchen 1 Loch. Alle gefressenen Löcher waren klein wie Nadelstiche.

Das bestätigt, daß das Erscheinen von A.seniculus erst möglich ist, wenn die Temperatur wenigstens $6-7^{\circ}\text{C}$ beträgt.

5.1.6. Überwinterung

Der Überwinterungsort des größten Teiles der Curculioniden liegt in unmittelbarer Nähe der Sommerbiotope oder in geringer Entfernung von diesen. A.seniculus überwintert nach SCHNELL (1955) in Wellhecken und Böschungen am Rande der Rot- und Weißkleefelder und in Streuschichten der Waldränder. SERVADEI (1957) teilte mit, daß die Käfer in der Umgebung von Rotkleefeldern unter Blättern, Gras oder Steinen überwintern. Nach KOKORIN (1962) überwintern sowohl A.seniculus als auch A.virens in oder neben den Kleefeldern. Nach STEIN (1969) überwintert A.seniculus in Wiesen und Rotkleefeldern nur mit Teilen seiner Population.

5.1.7. Die Fraßperioden der Imagines

Für die Ermittlung der Fraßperioden wurden 15 frisch geschlüpfte Käfer unter Laboratoriumsbedingungen gehalten.

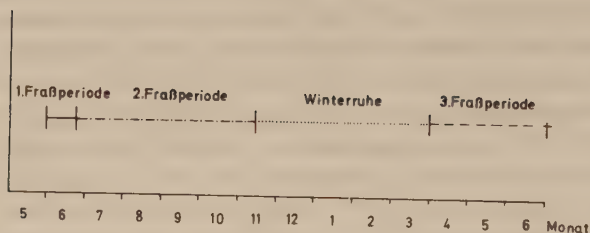


Abb. 6: Die Fraßperioden der Imagines von A. seniculus im Laufe des Jahres

Wie aus der Abbildung 6 zu ersehen ist, hat A. seniculus 3 Hauptfraßzeiten im Jahr. Die Käfer, die im Juni, Juli oder August geschlüpft waren, fraßen normalerweise etwa 19 Tage lang ununterbrochen (Schwankungsbereich 9-38 Tage). Danach folgt eine Periode, in der abwechselnd mehrere Tage hintereinander gefressen und gehungert wurde (Juli bis November, je nach dem Schlüpftermin). Dabei betrugen die Fraßpausen von Juli bis September meistens 1-7 Tage, und sie verlängerten sich im Oktober - November bis zu 24 Tagen. Diese 2. Fraßperiode deckt sich mit der Ausbreitungsphase.

Nach der Winterruhe - im Freiland bedingt durch die niedrigen Temperaturen (im Laboratorium fressen die Käfer weiter, wenn auch weniger als sonst) - beginnt die 3. Fraßperiode, in der die Käfer am Anfang meistens kontinuierlich fraßen. Anschließend wechselten Fraßpausen und Fraßaktivität innerhalb weniger Tage miteinander ab. Die Fraßaktivität war bei den Weibchen während der Eisblagezeit besonders hoch.

5.1.8. Zusammenfassung der phänologischen Befunde

Die zahlreichen Beobachtungen der Lebensweise von A.seniculus im Freiland und im Laboratorium im Verlaufe eines Jahres ermöglichen es, seine Phänologie darzustellen (Abb. 7). Von Mitte Juni an tritt die neue Generation auf. Die frisch geschlüpften Käfer fressen etwa 2-3 Wochen ohne Unterbrechung, dann folgen Fraßpausen und Fraßtätigkeit abwechselnd aufeinander bis zur Winterruhe. Vor der Winterruhe liegt im Herbst eine Kopulationszeit. Nach der Winterruhe erfolgt die Frühjahrskopulation einige Zeit nach Beginn der Fraßtätigkeit. Die sich anschließende Eiablagezeit dauert von April bis August. Vom Sommer an beginnen die überwinterten Käfer abzustarben. A.seniculus hat somit nur eine Generation im Jahr, was den Befunden von SERVADEI (1957) in Italien entspricht.

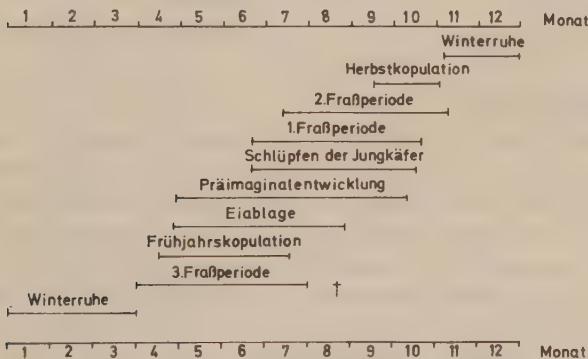


Abb. 7: Die Phänologie von A.seniculus

5.2. Untersuchungen zum Wirtspflanzenpektrum

In der Literatur ist das Auftreten von A.seniculus im Freiland vorwiegend an Trifolium spp. beschrieben. "Wirtspflanzen" sind hiernach Rotklee (Trifolium pratense L.), Weißklee (T.repens L.), Schwedenklee (T.hybridum L.), Mittlerer Klee (T.medium L., Huds.), Alexandrinerklee (T.alexandrinum L.), Inkarnatklee (T.incarnatum L.), ferner Gelber Steinklee

(Melilotus officinalis L.) und Vicia spp. (BOLLOW und DIERCKS 1960, DESEÖ 1967, MARKKULA und MYLLYMÄKI 1958, SCHERF 1964, STEIN 1967). Diese Angaben besagen in den meisten Fällen noch nicht, ob die Pflanzen, an denen die Käfer gefangen wurden, auch tatsächlich als Brutpflanzen für eine Gesamtentwicklung der Art geeignet sind. Detaillierte Untersuchungen über das Wirtspflanzenspektrum von A. seniculus fehlten bisher aber. Es wurden deshalb folgende 12 Leguminosen-Arten ausgewählt und auf ihre Eignung als Fraß- und Brutpflanzen getestet:

Rotklee (<u>Trifolium pratense</u> L.)	Hornschotenklee (<u>Lotus</u>
Schwedenklee (<u>T. hybridum</u> L.)	<u>corniculatus</u> L.)
Inkarnatklee (<u>T. incarnatum</u> L.)	Luzerne (<u>Medicago</u> spp.)
Alexandrinerklee (<u>T. alexandrinum</u> L.)	Lupine (<u>Lupinus</u> spp.)
Persischer Klee (<u>T. resupinatum</u> L.)	Wicke (<u>Vicia</u> spp.)
Weißklee (<u>T. repens</u> L.)	Ackerbohne (<u>Vicia faba</u>
	<u>minor</u> L.)
	Felderbse (<u>Pisum</u> spp.)

5.2.1. Brutpflanzen

Um die Brutpflanzen zu ermitteln, wurden die Larven in der üblichen Weise in den Stengeln verschiedener Pflanzen implantiert und diese anschließend im Gewächshaus gehalten. Es war zunächst geplant, die Geschwindigkeit der Larvenentwicklung in den verschiedenen Pflanzenarten mit der Entwicklung in Rotklee zu vergleichen. Wegen starker Schwankungen der Temperatur im Zuchttraum konnten aber nur Larvenmortalität und die generelle Entwicklungsmöglichkeit in verschiedenen Pflanzen ermittelt werden. Pro Kontrolltag standen mindestens 10 Larven zur Verfügung.

Tabelle 3 zeigt, daß eine Entwicklungsmöglichkeit für die Larven bis zur Imago in Rotklee, Schwedenklee, Inkarnatklee, Alexandrinerklee, Persischer Klee, Hornschotenklee, Luzerne und Wicke besteht. In den übrigen 4 Pflanzen (Weißklee, Lupine, Felderbse, Ackerbohne) ist eine Larvenentwicklung nicht möglich.

Tabelle 3: Die Entwicklungsfähigkeit der Larven in verschiedenen Pflanzen

Tage nach Implantation der Eilarven (lebende Stadien in % der implantierten Eilarven)											% der gesamten Larvenmortalität am 35.Tag						
Testpflanzen	6 Tage		12 Tage		25 Tage		30 Tage		35 Tage								
	Larven	Imagines	Larven	Imagines	Larven	Imagines	Larven	Imagines	Puppen	Imagines							
Rotklee	-		90 ^{*)}		13		74		22		78		57		29		14
Schwedenklee	70		50		60		0		42		8		27		7		33
Inkarnatklee	90		100		90		0		80		20		30		5		5
Alexandrinier- klee	70		40		40		20		42		20		-		-		38 ^{**)}
Persischer Klee	100		80		30		0		30		20		30		20		30
Hornschoten- klee	50		40		50		0		40		0		20		0		60
Weisklee	50		0		0		0		0		0		0		0		100
Luzerne	70		80		90		0		80		0		40		0		0
Wicke	100		100		80		10		40		30		30		20		20
Lupine	0		0		0		0		0		0		0		0		100
Felderbse	20		0		0		0		0		0		0		0		100
Ackerbohne	50		10		0		0		0		0		0		0		100

*) nach 10 Tg. kontrolliert

**) letzte Kontrolle nach 30 Tagen

5.2.2. Nährpflanzen

Um die Eignung der Pflanzen für Fraß und Eiablage festzustellen, wurden die Käfer, wie beschrieben, mit den entsprechenden Blättern in Petrischalen gehalten.

Tabelle 4 demonstriert die Eignung der Pflanzen für die Eiablage und als Nährpflanze (Summen von 15 Weibchen in 24 Stunden).

Tabelle 4: Zahl der abgelegten Eier und der Fraßlöcher von A.seniculus bei verschiedenen Leguminosen

Testpflanzen	Zahl der Eier pro Tag	Zahl der Löcher pro Tag
Rotklee	10	97
Schwedenklee	4	54
Inkarnatklee	15	86
Alexandrinerklee	9	114
Persischer Klee	8	69
Hornschotenklee	0	(2)
Weißklee	3	84
Luzerne	0	25
Wicke	0	(2)
Lupine	0	(6)
Felderbse	0	0
Ackerbohne	0	0

() = geringe Fraßspuren am Blatt

Im allgemeinen sollten die Pflanzen, die für die Larvenentwicklung geeignet sind, auch für die Eiablage, die durch die Implantation ja umgangen wurde, und als Nährpflanze für die Imagines geeignet sein. Diese Voraussetzung war jedoch nicht bei jeder der untersuchten Leguminosen gegeben.

Aus der Tab. 3 und Tab. 4 läßt sich entnehmen, daß Rotklee, Schwedenklee, Inkarnatklee, Alexandrinerklee, Persischer Klee und Luzerne für Fraß, Eiablage und Larvenentwicklung geeignet sind. Ganz eindeutig können Lupine, Felderbse und Ackerbohne als Wirtspflanzen für A.seniculus ausgeschlossen werden.

Als Nahrung ist Weißklee für die Imagines sehr gut geeignet, auch eine Eisblage ist möglich, doch können sich die Larven nicht zur Puppe entwickeln. Um die Ergebnisse noch einmal zu überprüfen, wurden je 5 Weibchen und 5 Männchen drei Tage lang auf einer eingekäfigten Weißkleepflanze in vierfachen Wiederholungen zur Eisblage belassen. Nach 20, 25 und 30 Tagen wurden die Weißkleestengel kontrolliert. Alle 15 gefundenen Larven waren tot.

Die in Tab. 4 aufgeführten Ergebnisse für Wicke, Luzerne, Hornschotenklee und Lupine wurden ebenfalls noch einmal nachkontrolliert. Jeweils ein Paar von A. seniculus wurde für diesmal 10 Tage in Petrischalen an Blättern der vier genannten Pflanzen gehalten. Folgende Ergebnisse wurden erzielt:

Testpflanzen	Ausgewertete Ergebnisse von 4 Paaren in 10 Tg.	
	Zahl der Eier	Zahl der Löcher
Wicke	0	0
Luzerne	3	119
Hornschotenklee	2	0*)
Lupine	0	0

*) = kleine Löcher am Blattstiel

An Wicke richteten die Käfer keinen Fraß an. Zwei Weibchen waren nach 10 Tagen tot. Diesem Versuch konnte entnommen werden, daß an Wicke Eisblage und Fraß nicht stattfinden. Die Entwicklung bis zur Imago ist aber möglich (s. Tab. 3).

In Luzerne legten die Weibchen in 10 Tagen drei Eier, wogegen im vorherigen Versuch nach einem Tag keine Eier vorlagen. Zwei Eier wurden in Hornschotenklee gefunden, nach 10 Tagen waren aber bereits drei Weibchen und ein Männchen gestorben. Bei Lupine starben nach 5 Tagen ohne Fraß vier Weibchen und ein Männchen ab. Eier wurden nicht gefunden. Bei Luzerne ist also Eisblage und Fraß möglich, bei Hornschotenklee nur Eisblage.

Eine Zusammenstellung der Ergebnisse bringt zum Schluß noch einmal die Tab. 5.

Tabelle 5: Die Eignung verschiedener Leguminosen als Fraß- und Brutpflanze für A.seniculus (+ und -: positives bzw. negatives Ergebnis).

Testpflanze	Fraß	Ei- Ablage	Entwicklung nach Larven-Implan- tation	
			Puppe	Imago
Rotklee	+	+	+	+
Schwedenklee	+	+	+	+
Inkarnatklee	+	+	+	+
Alexandrinerklee	+	+	+	+
Persischer Klee	+	+	+	+
Hornschotenklee	-	+	+	+
Weißklee	+	+	-	-
Luzerne	+	+	+	+
Wicke	-	-	+	+
Lupine	-	-	-	-
Felderbse	-	-	-	-
Ackerbohne	-	-	-	-

5.3. Beobachtungen über das Verhalten von A.seniculus

Die Untersuchungen über das Verhalten von A.seniculus wurden mit Larven und Imagines im Laboratorium durchgeführt.

5.3.1. Des Fraßverhalten der Larven

Für die folgenden Ergebnisse wurden die Versuche über die Larven-Entwicklung ausgewertet. Hierbei wurde an den einzelnen Entwicklungstagen der Larven die Länge des Fraßganges im Stengel gemessen und die Fraßrichtung in Beziehung zur Implantationsstelle ermittelt.

5.3.1.1. Die Länge des Fraßganges

Nach der Implantation fressen die Larven innerhalb des Stengels einen Gang nach oben oder nach unten. Die durchschnittliche Länge dieses Fraßganges steigt, wie die Abb. 8 erkennen läßt, vom 1. bis 19. Tag allmählich an, um dann, zu Beginn

der Verpuppung, praktisch konstant zu bleiben (jedes Tages-
ergebnis ist der Durchschnitt aus 10 Einzelmessungen).

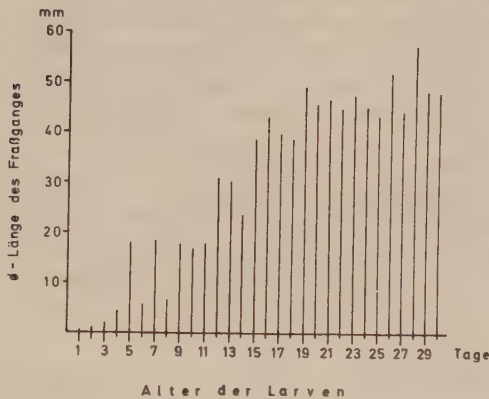


Abb. 8: Gesamtlänge des Fraßganges der Larven von A.seniculus
an den einzelnen Entwicklungstagen.

5.3.1.2. Bewegungsrichtung der Larven

Bei den Kontrollen zur Entwicklung der Larven wurde notiert,
ob sich die Larven ober- oder unterhalb der Implantationsstelle
befanden. So sollte ermittelt werden, ob die Tiere eine be-
vorzugte Bewegungsrichtung besitzen und ob sich diese gegeb-
nenfalls im Laufe der Entwicklung ändert, wie es von STEIN
(1965) bei A.virens-Larven beobachtet werden konnte.

Aus der Abb. 9 ergibt sich, daß die Bewegungsrichtung der
Larven innerhalb des Stengels vorwiegend basipetal verläuft,
daß aber eine Änderung nicht zu bemerken ist.

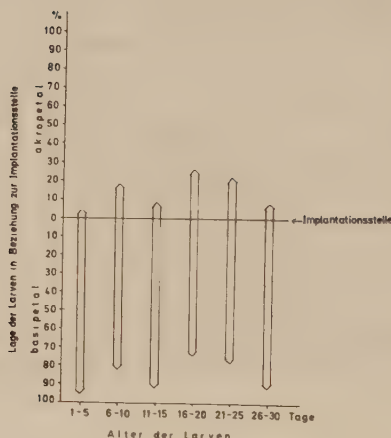


Abb. 9: Lage der Larven in Beziehung zur Implantationsstelle im Laufe ihrer Entwicklung.

5.3.2. Das Verhalten der Imagines

Einige Verhaltensweisen der Imagines wurden im Laboratorium näher beobachtet. Sie sollen in den nachfolgenden Abschnitten geschildert werden.

5.3.2.1. Untersuchungen zum Fraßverhalten

Die Imagines von A. seniculus fressen entweder kleine rundliche Löcher in die Blattspreiten oder sie benagen furchenförmig die Blattstiele.

5.3.2.1.1. Beziehungen zwischen Fraß, Alter der Käfer und Alter der Rotkleeblätter

Die Versuche wurden durchgeführt, um zu ermitteln, ob bestimmte Fiederblätter der Rotkleepflanze vom Käfer bevorzugt werden und ob sich gegebenenfalls eine Präferenz mit dem Alter

der Käfer ändert. Jeweils ein Käfer wurde in einer großen Schale (Durchmesser 12 cm) mit einem Rotkleestengel angesetzt, der vier Fiederblätter verschiedenen Alters trug. Das erste, jüngste Fiederblatt an der Spitze war noch zusammengefaltet, dann folgten nach unten hin die drei älteren. Insgesamt wurden je sieben frisch geschlüpfte und sieben überwinterte Käfer untersucht. Die Versuche dauerten jeweils 4 Wochen und wurden jeden 2. Tag kontrolliert, wobei die Stengel erneuert wurden.

Aus der Abb. 10 ist zu entnehmen, daß die jungen Käfer in den ersten 4 Lebenstagen fast ausschließlich die älteren Blätter bevorzugen. Vom 6. Tag ab steigt zwar der Fraß an jungen Blättern an, doch werden insgesamt bis zum Schluß des Versuches immer die älteren Blätter bevorzugt.

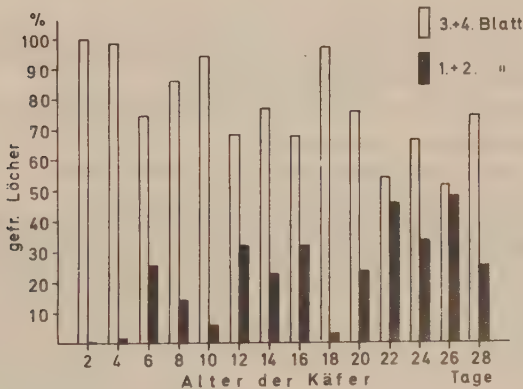


Abb. 10: Der Fraß frisch geschlüpfter Käfer an verschiedenen alten Rotkleeblättern.

Vergleicht man hiermit den Fraß alter Käfer nach der Überwinterung, so zeigt sich auch bei ihnen eine Bevorzugung der älteren Blätter, jedoch ist die Ablehnung des jüngsten Blattes nicht so ausgeprägt wie bei den Jungkäfern. Die Ergebnisse der vierwöchigen Versuche mit beiden Käfergruppen sind in der Abb. 11 zusammengefaßt.

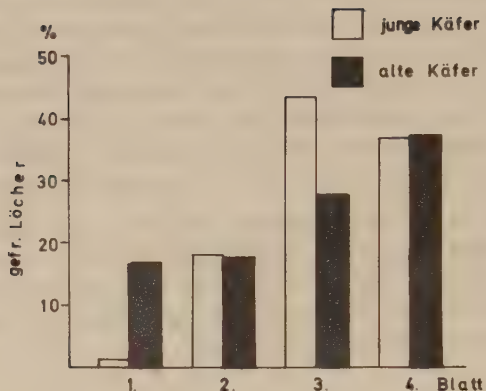


Abb. 11: Der Fraß von jungen und alten Käfern an Rotkleeblättern verschiedenen Alters.

(Angaben in Prozent der gesamten Fraßlöcher eines vierwöchigen Versuches)

5.3.2.1.2. Bevorzugung von Spitzen- bzw. Basalhälfte eines Blattes als Fraßort bei jungen und alten Käfern

Zur Klärung der Frage, ob Spitzen- oder Basalhälfte eines Fiederblättchens beim Fraß bevorzugt wird, wurde ein Versuch mit 21 Käfern über die ersten 30 Lebenstage hinweg angesetzt. Wie aus der Abb. 12 zu ersehen ist, zeigte A. seniculus im Verlauf der ersten Wochen keine deutlichen Veränderungen seines Fraßverhaltens, aber es scheint, daß die Spitzenhälfte des Fiederblättchens etwas bevorzugt wird. Von den in den ersten 30 Tagen gefressenen Löchern befanden sich 57,1% in der Spitzenhälfte und 42,9 % in der Basalhälfte.

Zum Vergleich hiermit wurden von überwinterten Käfern im Frühjahr insgesamt 1000 Löcher ausgezählt. Hier fanden sich 43,4% in der Spitzenhälfte und 56,6 % in der Basalhälfte, so daß die überwinterten Käfer eher die Blattbasis zu bevorzugen scheinen.

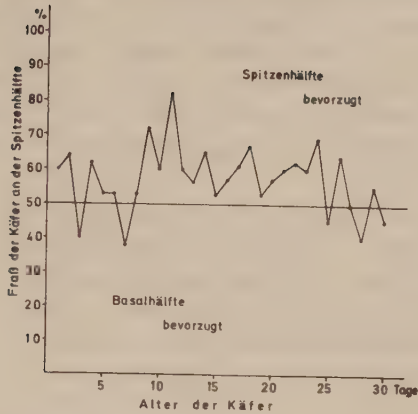


Abb. 12: Die Bevorzugung von Spitzen- oder Basalhälfte des Blattes beim Fräß der Imagines von A.seniculus im Verlauf der ersten Wochen.

5.3.2.1.3. Bevorzugung von Ober- bzw. Unterseite eines Blattes bei jungen und alten Käfern

Um zu untersuchen, ob die Ober- oder Unterseite des Fiederblättchens bevorzugt wird, wurde jeweils eine Seite von zwei Fiederblättchen eines Blattes mit Teso film beklebt, das dritte Fiederblättchen entfernt. Ober- bzw. Unterseite waren somit dem Käfer gleich gut zugänglich. Alle Versuche wurden in Petrischalen angesetzt.

Vom 1. bis zum 30. Tag nach dem Schlüpfen änderte sich die Bevorzugung, wie Abb. 13 zeigt. Am ersten Tag fraßen die Käfer überhaupt nicht. Vom 3. Tag an begannen sie normal zu fressen. Bis zum 9. Tag wandten sich die Käfer vorwiegend der Unterseite zu, dann wechselten sie zur Oberseite. Insgesamt ist bis zum 27. Tag eine zunehmende Bevorzugung der Blattoberseite zu beobachten.

Der gleiche Versuch wurde im März mit 40 einzeln gehaltenen überwinterten Käfern wiederholt. Von diesen bevorzugten 4 Käfer die Oberseite, 25 Käfer die Unterseite. Zwei Käfer

ließen keine Bevorzugung erkennen und 9 Käfer fraßen überhaupt nicht.

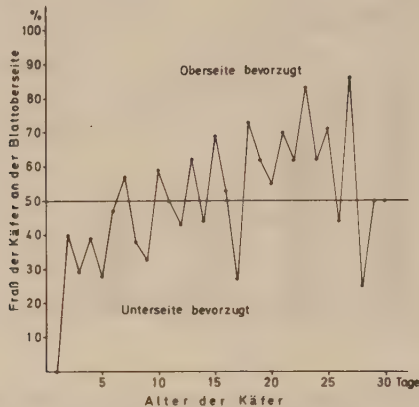


Abb. 13: Die Bevorzugung von Unter- oder Oberseite des Blattes beim Fraß der Imagines von A. seniculus im Verlauf der ersten Wochen.

5.3.2.1.4. Die Bedeutung von Licht und Schwerkraft für das Fraßverhalten

Nachdem sich im zuletzt genannten Versuch ergeben hatte, daß bei alten Käfern die meisten Löcher von der Blattunterseite gefressen werden, sollte nun ermittelt werden, ob für das Verhalten der Käfer Licht, Schwerkraft oder die Oberflächenbeschaffenheit der Blätter verantwortlich waren.

Der Versuch fand in durchsichtigen Petrischalen statt. Das Fraßverhalten wurde durch Beobachtung direkt festgestellt. Im ersten Versuch (1) zeigte die Blattoberseite nach oben (normale Blattstellung), im zweiten Versuch (2) die Blattoberseite nach unten. In jedem Falle war die entgegengesetzte Seite für den Käfer aber auch zugänglich. Einmal wurden die Blätter bei normalem Tageslicht (kurz vor Beginn der Dämmerung) den Käfern geboten (a), das anderemal wurden sie bei der gleichen Versuchsanordnung von unten mit 60 W im Abstand

von 50 cm beleuchtet (b), (500 Lux), dabei wurde jeweils die lichtabgewandte Seite der Petrischale mit schwarzem Papier abgedeckt. Die direkte Fraßbeobachtung wurde abgebrochen, wenn die 10 jeweils im Versuch befindlichen Käfer (aufgeteilt auf 2 Petrischalen) insgesamt 50 Löcher gefressen hatten (Ausnahme Versuch 1a, der schon nach 40 Löchern abgebrochen wurde).

Die Ergebnisse der Versuche 1a und 2a (Licht von oben) zeigen (vgl. Tab. 6), daß eine positive Geotaxis vorliegen muß, da bei normaler Beleuchtung jeweils die nach unten liegende Seite bevorzugt wurde. Diese positive Geotaxis wird allerdings durch die normale Bevorzugung der Blattunterseite abgeschwächt, wenn diese Seite nach oben zeigt, wie es im Versuch 2a der Fall war. Der Vergleich von 1a mit 1b und 2a mit 2b beweist daneben deutlich eine negative Phototaxis.

Die Tatsache, daß die Käfer hauptsächlich von der Unterseite her die Blätter befressen, resultiert somit aus einer allgemeinen Bevorzugung der Blattunterseite, aus positiver Geotaxis und aus negativer Phototaxis.

Tabelle 6: Die Wirkung von Licht und Schwerkraft auf das Fraßverhalten alter Käfer von A. seniculus.

	Zahl der Fraßlöcher	%
1. Normale Blattstellung		
a) Normales Tageslicht von oben (kurz vor Dämmerung)		
Blattoberseite	0	0
Blattunterseite	40	100
b) Mit Beleuchtung von unten		
Blattoberseite	21	42
Blattunterseite	29	58
2. Blattoberseite nach unten		
a) Normales Tageslicht von oben (kurz vor Dämmerung)		
Blattoberseite	32	64
Blattunterseite	18	36
b) Mit Beleuchtung von unten		
Blattoberseite	14	28
Blattunterseite	36	72

5.3.2.1.5. Der Stiel- und Stengelfraß

Die Käfer fressen nicht nur an Blättern, sondern auch am Blattstiel und am Stengel. Die Löcher sind oval mit einer Breite von 0,3-0,5 mm und einer Länge von 1,0-1,5 mm. Diese Fraßlöcher traten vor allem während der Eiablagezeit auf.

5.3.2.1.6. Das Nagen von Eiablage-Löchern

Die Eiablage-Löcher von A.seniculus im Blattstiel und Stengel unterscheiden sich von den normalen Fraßlöchern. Dies wurde auch von STEIN (1968) bei A.virens gefunden. Die Eiablage-Löcher sind klein, kreisrund und haben steile Wände. Meistens sind sie von einer dünnen schleimigen Schicht verschlossen.

5.3.2.1.7. Variation des Fraßbildes

Das normale Fraßbild von A.seniculus im Rotkleeblatt ist punktförmig (STEIN 1967) bis länglich, zwischen den Nerven liegend. Seine Form ist abhängig von der Temperatur und vom Alter der Blätter. Bei einer Temperatur von 6⁰-8⁰C waren die Löcher klein wie Nadelstiche, und bei jungen Blättern etwas größer als bei älteren.

5.3.2.2. Verhalten bei der Kopulation

In einigen Fällen konnte das Verhalten von A.seniculus bei der Kopulation beobachtet werden. Bis zur Beobachtung im Frühjahr wurden die frisch geschlüpften Käfer getrennt gehalten und erst dann in einer Petrischale zusammengesetzt und durch ein Binokular beobachtet.

Das Männchen kann das Weibchen anscheinend nur schlecht erkennen, da oft Kopulationsversuche von Männchen untereinander beobachtet wurden, auch wenn Weibchen anwesend waren. Irgend eine Erregung der Käfer nach dem Zusammentreffen beider Geschlechter, wie sie bei A.virens (STEIN 1968) vorkommt, wurde nicht beobachtet. Das Männchen sprang von vorn oder hinten auf das Weibchen. Während das Weibchen fortlief, versuchte das Männchen, sich am Körper des Weibchens festzuhalten. In den ersten zehn Minuten legte das Weibchen beim Lauf kurze Pausen ein. Dabei putzten sich die Tarsen der vorderen und hinteren Beine gegenseitig. Etwa 10-15 Minuten nach dem Sprung des Männchens war das Weibchen bereit zu kopulieren, d.h. die Hinterleibspitze war deutlich geschwollen. Der Körper des

Männchens zog sich allmählich nach hinten, damit die Kopulation stattfinden konnte. Während der Kopulation lief das Weibchen langsam oder schnell, dazwischen blieb es stehen. Die Vordertarsen des Männchens hakten am Basalrand der Flügeldecken des Weibchens ein; die Mitteltarsen griffen in Höhe des dritten Beinpaars des Weibchens unter den Seitenrand der Flügeldecken; die Hintertarsen hielten sich am Abdomen des Weibchens fest. Die Fühler beider Tiere waren nach vorne gestreckt. Der Rüssel des Männchens stützte sich auf das Schildchen des Weibchens. Etwa 10 Minuten vor dem Ende der Kopulation begann das Männchen seinen Penis sehr langsam herauszuziehen. In dieser Zeit hielt sich das Männchen auf dem Weibchen nicht so fest wie vorher und der Rüssel hob sich etwas vom Schildchen ab. Als das Geschlechtsorgan des Männchens ganz herausgezogen wurde, lief das Weibchen fort, das Männchen rutschte herunter und blieb still stehen. Vom Eindringen des Penis bis zum Ende der Kopulation dauert es etwa 35 Minuten.

5.3.2.3. Auswahl des Eiablageortes

Zahlreiche Beobachtungen ergaben, daß Pflanzenstengel, Blattstiel und Blütenstandstiele Orte der Eiablage sind. Bei einem Versuch mit Rotkleepflanzen, die in Töpfen gewachsen und zusammen mit 5-8 legebereiten Weibchen eingekäfigt waren, wurden 653 Eier gefunden. Davon waren 638 (97%) im Stengel abgelegt, die übrigen 15 Eier (3%) im Blattstiel. Die Rotkleepflanzen standen noch nicht in Blüte.

Bei einem weiteren Versuch wurde ein Schwedenkleestengel mit Blütenstandstiel und Blattstiel in einer Petrischale für die Eiablage benutzt. Es wurden Käfer von Wiesen mit Schwedenklee-, Rotklee- und geringem Weißkleebestand verwendet.

Von den ausgezählten 517 Eiern waren 471 Eier (91%) im Stengel abgelegt, die übrigen 46 (9%) im Blütenstandstiel. Der Blattstiel war vermutlich so klein, daß die Käfer dort keine Eier ablegen konnten.

Nach BOLLOW und DIERCKS (1960) fanden sich 98% der abgelegten Eier im Rotkleestengel und 2% im Wurzelhals. Nach DESEÖ (1967) legte das Weibchen 91% im Stengel und die übrigen im Blattstiel und Nebenblättern (Stipulae) ab. Im Schwedenklee wurden

nach MARKKULA und MYLLYMÄKI (1958) von 157 Eiern 153 (97%) im Stengel, 3 (2%) im Blütenstandstiel und 2 (1%) im Blattstiel gefunden.

5.3.2.4. Verhalten bei der Eiablage

Das Verhalten eines Weibchens bei der Eiablage wurde durch das Binokular beobachtet. Als das Weibchen einen Blattstiel gefunden hatte, bewegte es intensiv Kopf und Fühler. Der Rüssel des Weibchens wurde vor dem Tiefenfraß mit der Tibia-base oder den Tarsen der vorderen Beine geputzt. Beim Tiefenfraß grub sich der Rüssel allmählich bis zum Fühleransatz in das Pflanzengewebe ein, gleichzeitig hob sich der Hinterleib etwas nach vorn. Bevor der Rüssel aus dem Pflanzengewebe gezogen wurde, bewegte sich der Ovipositor hin und her. Die Fraßtätigkeit bei der Eiablage dauerte etwa 5-6 Minuten. Das Weibchen drehte sich ziemlich schnell um 180°, um mit dem Ovipositor das Loch zu ertasten. Dann wurde der Ovipositor tief in den Gang hineingesenkt. Die Eiablage dauerte bis zum Ausziehen des Hinterleibs etwa 2 Minuten. Bevor der Hinterleib vollständig aus dem Loch herausgezogen wurde, wurde der obere Teil des Ganges mit einem sehr dünnen Schleim verschlossen. Dadurch wird das Ei vor Austrocknung geschützt. Die Eiablagetätigkeit dauerte insgesamt etwa 8-9 Minuten.

5.3.2.5. Beziehungen zwischen Zahl der Eiablage-Löcher und Zahl der abgelegten Eier

Nach STEIN (1968) wurden in vielen Fällen von A.virens keine Eier in den Eiablage-Löchern gefunden. Dies ist auch bei A.seniculus sehr oft der Fall. Von 393 untersuchten Eiablage-Löchern im Blattstiel, die vom 9.4.1970 bis 15.4.1970 - also am Beginn der Eiablageperiode - ausgezählt wurden, waren nur 29% mit Eiern belegt.

6. Intraspezifische Konkurrenz der Larven von A.seniculus

Sinn folgender Untersuchung war es zu klären, wieviele Larven in einem Stengel zusammenleben und sich bis zur Imago entwickeln können. Um dies zu ermitteln, wurden 2-8 Larven an der gleichen Stelle eines Rotkleestengels implantiert. Bei Kontrollen am 20., 30. und 35. Tag lebte höchstens noch die Hälfte der implantierten Larven. Die übrigen starben vor

dem tieferen Eindringen in das Pflanzengewebe. Es muß angenommen werden, daß die Larven durch Störungen während der Implantation oder durch gegenseitige Störungen vor dem tieferen Eindringen in die Pflanze starben. Höchstens vier Larven entwickelten sich in einem Stengel bis zur Puppe.

In einem weiteren Versuch wurden 8 Weibchen und 8 Männchen vom 14.7.1970 bis 17.7.1970 auf einer im Topf wachsenden und mit einem Käfig bedeckten Rotkleepflanze gehalten. Etwas später wurden drei weitere Töpfe angesetzt. Jede Pflanze trug 2-3 Stengel. 20 Tage nach dem Einbringen der Käfer in den Käfig wurden zwei Stengel untersucht. In dem einen Stengel wurden 7 lebende Larven gefunden, in dem anderen nur 4, eine Larve war tot. Nach 34 Tagen lebten in einem anderen Stengel noch zwei Puppen und zwei Larven. Bei einer anderen Pflanze lebten in einem Stengel fünf Puppen, in einem weiteren Stengel zwei Imagines und drei Puppen und in einer weiteren Pflanze wurden nach 40 Tagen zwei Imagines und sechs Puppen gefunden.

Nur eine einzige Larve wurde bei diesen Untersuchungen tot aufgefunden, sonst konnten sich bis zu 8 Larven in einem Stengel zu Imagines entwickeln. Eine geringe Entwicklungsverzögerung der Larven wurde beobachtet, wenn 2-3 Larven an der gleichen Stelle in einem Stengel lebten.

7. Das Vorkommen von Wirtsrassen bei A.seniculus

Im Frühjahr 1969 wurden Käfer auf Wiesen in der Nähe von Lollar (Kr.Gießen) gefangen. Die Wiese bestand vorwiegend aus Schwedenklee und Rotklee, Weißklee war kaum vorhanden. Die Populationsdichte von A.seniculus war auf dieser Fläche höher als die von A.virens. Die Käfer wurden anfangs mit Rotklee gefüttert. Nur eine geringe Zahl von ihnen legte Eier in Rotkleeblattstielen ab. Wurde den Käfern dagegen Schwedenklee angeboten, so kam es zur intensiven Eiablage in Stengel und in Blütenstandstiel. Diese Tatsache legt die Vermutung nahe, daß es sich bei diesen Käfern um eine Rasse handelt, die normalerweise von der an Rotklee gefundenen abweicht.

Die Klärung dieser Frage wurde im Jahr 1970 wieder aufgenommen. Die Zusammensetzung der Wiese hatte sich jetzt etwas

geändert. Sie bestand mehr aus Rotklee; Schwedenklee wuchs nur am Rande der Fläche. In der Wiesenmitte wurden keine Käfer von A.seniculus entdeckt. Bei der Suche im Schwedenklee am Rande der Fläche wurden dagegen überraschend viele Käfer dieser Art gefunden.

7.1. Eizahl

Zum Vergleich der Eiablagetätigkeit der Käfer beider Herkünfte, also von der Schwedenklee-Wiese bei Lollar (= S-Rasse) und von dem Rotkleeefeld bei Gießen (= R-Rasse), wurden Paare aus beiden Gruppen sowohl an Rotklee als auch an Schwedenklee getestet (je 14 Paare aus Lollar und je 10 Paare aus Gießen). Diese Untersuchung erstreckte sich vom 9.5.1970 bis zum Ende der Eiablagetätigkeit. 13 von 14 Weibchen aus Lollar legten Eier in Schwedenkleeblattstielen, dagegen nur 5 von 14 Weibchen in Rotkleeblattstielen. Auf der anderen Seite haben je 8 von 10 der Weibchen aus Gießen in beiden Pflanzen Eier abgelegt. Die Gesamtzahl der von diesen Weibchen in den Monaten von Mai bis August 1970 abgelegten Eier zeigt Tab. 7. Die Käfer aus Lollar legten in Schwedenklee doppelt soviel Eier wie in Rotklee. Umgekehrt war die Eizahl der Käfer aus Gießen in Rotklee doppelt so hoch wie in Schwedenklee.

Tabelle 7: Die Eizahl der Schwedenklee- und Rotklee-Rasse von A.seniculus in verschiedenen Monaten in Rotklee- und Schwedenkleeblattstielen.

	S - Rasse		R - Rasse	
	Eiablage in		Eiablage in	
	Schwedenklee (1300)	Rotklee (500)	Schwedenklee (800)	Rotklee (800)
Mai	793	102	137	212
Juni	741	203	190	491
Juli	176	32	120	313
August	26	0	43	94
Insgesamt	1736	337	490	1110
Ø pro ♀	131	67	61	139

7.2. Körpergröße der Imagines

Zur Klärung der Frage, ob zwischen beiden Rassen Unterschiede in der Größe auftreten, wurden zunächst Imagines beider Rassen gemessen. Die Ergebnisse der Messungen zeigt die Tab. 8.

Tabelle 8: Körperlänge beider Rassen von A.seniculus

Rasse	Körperlänge (einschl. Rüssel) in mm					
	Zahl der Messung		Schwankungsbereich		Durchschnitt	
	♂♂	♀♀	♂♂	♀♀	♂♂	♀♀
S-Rasse						
(Wiesenfänge)	30	25	2,39-2,80	2,76-3,17	2,65	2,99
R-Rasse						
(Rotklee- feldfänge)	20	20	2,26-2,74	2,67-3,22	2,55	2,96
R-Rasse						
(Laboratoriums- zuchten)	30	30	2,24-2,76	2,49-3,77	2,54	2,82

Die S-Rasse scheint im allgemeinen geringfügig größer zu sein als die R-Rasse. Die bisherigen Befunde lassen aber keine Klärung zu, ob es sich hierbei um einen genetisch bedingten Unterschied handelt, oder ob evtl. ein besserer Nahrungswert des Schwedenklees das stärkere Wachstum dieser Tiere bedingt. Untersuchungen zur Klärung dieser Frage wurden nicht durchgeführt.

7.3. Größe der Eier

Eier beider Rassen wurden aus dem Pflanzengewebe herauspräpariert und in 0,5%iger NaCl-Lösung gemessen. Auch hierbei zeigten sich nur geringe Unterschiede, wie die folgende Aufstellung verdeutlicht.

	Zahl der gemessenen Eier	Schwankungs- bereich (mm)	Ø Breite (mm)	Schwankungs- bereich (mm)	Ø Länge (mm)
S-Rasse	34	0,29-0,41	0,34	0,36-0,48	0,41
R-Rasse	68	0,25-0,39	0,32	0,35-0,55	0,43

7.4. Entwicklungsgeschwindigkeit

Frisch geschlüpfte Larven beider Rassen wurden in Rotklee- und Schwedenkleestengel implantiert und im Gewächshaus aufgestellt. Die Kontrolle erfolgte nach 10, 20, 25 und 30 Tagen, wobei jeweils mindestens 10 Larven (meistens 15 Larven) herauspräpariert wurden.

Die Grundlage der Versuche über die Entwicklungsgeschwindigkeit der Larven beider Rassen bildet auch hier wieder die Messung der Kopfkapselbreite der Larven. Die Ergebnisse sind in der Tab. 9 und der Abb. 14 dargestellt.

Tabelle 9: Die Geschwindigkeit der Larvenentwicklung der beiden Rassen von A.seniculus in Rot- und Schwedenklee

Rasse	Entwick- lungs- tag	Zahl der gemesse- nen Larven	Prozentsatz der Larven		
			L ₁	L ₂	L ₃
S-Rasse in Schwedenklee	10	9	11	89	0
S-Rasse in Rotklee	10	10	80	20	0
R-Rasse in Schwedenklee	10	12	40	60	0
R-Rasse in Rotklee	10	9	56	44	0
S-Rasse in Schwedenklee	20	13	8	15	77
S-Rasse in Rotklee	20	13	23	31	46
R-Rasse in Schwedenklee	20	10	0	40	60
R-Rasse in Rotklee	20	13	0	13	87

Aus der Tab. 9 läßt sich entnehmen, daß die Larvenentwicklung nach 10 Tagen bei der S-Rasse in Schwedenklee deutlich weiter fortgeschritten war als in Rotklee. Zu diesem Zeitpunkt waren bereits 90% der Larven im L₂-Stadium, während es im Rotklee nur 20% waren.

Auch die R-Rasse hatte sich nach 10 Tagen in Schwedenklee etwas weiter als in Rotklee entwickelt. 60% der Larven lagen im Schwedenklee im L₂-Stadium vor, im Rotklee nur 44%.

Nach 20 Tagen waren die Verhältnisse bei der S-Rasse ähnlich wie nach 10 Tagen, dagegen war bei der R-Rasse jetzt die Ent-

wicklung im Rotklee weiter fortgeschritten.

Der weitere Verlauf der Entwicklung in den einzelnen Varianten ist in Abb. 14 dargestellt.

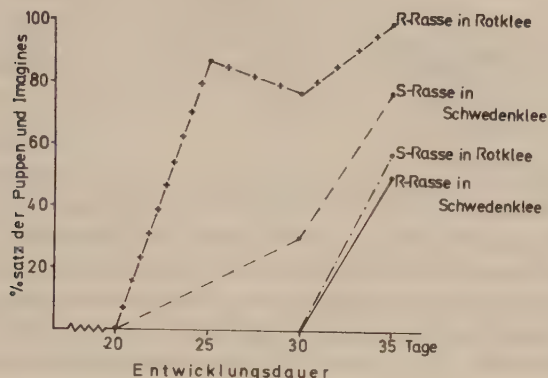


Abb. 14: Das Auftreten von Puppen und Imagines in den Versuchen mit verschiedenen Rassen und Wirtspflanzen.

Puppen und später Imagines treten bei beiden Rassen in ihren entsprechenden Wirtspflanzen viel früher auf als in den nicht geeigneten. Die Differenz zu 100 zeigt jeweils den Anteil der noch nicht verpuppten Larven an. Die S-Rasse in Schwedenklee konnte am 25. Tag nicht kontrolliert werden, da zu wenig Tiere zur Verfügung standen.

7.5. Larvenmortalität

auch die Ermittlung der Larvenmortalität zeigte eindeutig, daß die Entwicklung der einzelnen Rassen in ihren zugehörigen Wirtspflanzen günstiger ist. Wie aus der Tab. 10 hervorgeht, war die Absterberate vor allem bei der R-Rasse in Schwedenklee sehr hoch, während umgekehrt die S-Rasse in Rotklee nicht so stark beeinträchtigt wurde.

Tabelle 10: Die Larvenmortalität bei beiden Rassen im Verlauf der Entwicklung

Rasse	Zahl der Kontrollen	Larvenmortalität (in %)
S-Rasse in Schwedenklee	51	4
S-Rasse in Rotklee	56	13
R-Rasse in Schwedenklee	77	53
R-Rasse in Rotklee	66	8

Diese Ergebnisse spiegeln das allgemeine Bild wieder, das die Untersuchungen von beiden Rassen ergaben: Die S-Rasse ist wesentlich anpassungsfähiger und kann sich auch in Rotklee noch recht gut entwickeln. Dagegen ist die R-Rasse wesentlich stärker auf ihre Wirtspflanze Rotklee angewiesen.

8. Diskussion

In vielen Fällen kommt A.seniculus zusammen mit A.virens als Schädling an Rotklee vor. Die durchgeführten Untersuchungen sollten dazu beitragen, bisher noch offene Fragen über Biologie und Verhalten von A.seniculus zu klären.

Bei dem folgenden Vergleich mit A.virens wird auf die Arbeiten von STEIN (1965, 1968) eingegangen. Die gesamte Entwicklung vom Ei bis zur Imago dauert bei A.seniculus etwa solange wie bei A.virens.

Die Geschwindigkeit der Larvenentwicklung von A.seniculus ist, wie bei A.virens, trotz gleicher Entwicklungsbedingungen, von Individuum zu Individuum recht unterschiedlich. Bei den Larven zeigte sich ein kontinuierliches Wachstum bis zum 18. bzw. 19. Tag bei A.virens und A.seniculus. Nach dieser Zeit beendet sich die Larve zur Verpuppung vor und nimmt kaum Nahrung auf. Deshalb bleibt die Größe der Larve dann praktisch konstant.

Unter Laboratoriumsbedingungen liegt die Lebensdauer der Imagines von A.seniculus im Normalfall zwischen 9 und 11 Monaten. Zwei Käfer erreichten eine Lebensdauer von fast 21 Monaten. In den Versuchen von STEIN (1968) mit A.virens lebte ein Käfer bis zu 30 Monaten.

Wenn keine Nahrung angeboten wurde, starben die frisch geschlüpften Männchen von A.seniculus früher als die Weibchen. In den meisten Fällen sind die Weibchen größer als die Männchen. Während der Hungerzeit können die Weibchen ihre Reservestoffe, die bei den Männchen geringer sind, aufbrauchen und leben deswegen länger (SCHWERTFEGER 1963). Der gleiche Autor (1938) zeigte, daß die unbegatteten Weibchen der frisch aus dem Boden kommenden Maikäfer (Melolontha melolontha und M.hippocastani) ohne Nahrung im Durchschnitt länger als die Männchen lebten. Zum anderen sterben die überwinterten Weibchen von A.seniculus bei Hunger während der Eiablagezeit früher als die Männchen, was sicher an dem größeren Energiebedarf in dieser Zeit liegt.

Nach REZWANI (1970) zeigte sich im Laufe eines Jahres bei den Weibchen von Sitona-Arten (S.lineatus, S.humeralis, S.sulci-

frons, S.hispidulus und S.flavesceus) ein größerer Nahrungsverbrauch als bei den Männchen. Bei einer Untersuchung über die Fraßstärke von A.seniculus während der Eiablagezeit fraßen die Weibchen pro Tag doppelt soviel wie die Männchen. Nach SCHWERDTFEGGER (1963) leiden weibliche Tiere durch unzureichende Nahrungsquantität mehr als männliche.

Eine Vergrößerung der Eier von A.seniculus, die im Rotkleeblattstiel im Laboratorium gehalten wurden, tritt am 3. Tag auf, anschließend behalten sie bis zum Schlüpfen der Larven eine recht konstante Größe. Es wird vermutet, daß aufgenommenes Wasser die Vergrößerung des Eies bedingt. Nach SCHWERDTFEGGER (1963) ist Eivergrößerung durch Flüssigkeitsaufnahme aus der Umgebung häufig bei Coleopteren und Hymenopteren zu beobachten. SCHERF (1964) und EIDMANN und KÜHLHORN (1970) berichteten, daß das elastische Chorion der durch die Wasseraufnahme bedingten Vergrößerung des Eies folgen kann. So vergrößern sich durch Wasseraufnahme aus dem Boden die Eier des Maikäfers Melolontha melolontha und des Gartenlaubkäfers Phyllopertha horticola auf das Dreifache. Auch bei der Wanderheuschrecke Locusta migratoria verdoppelt sich das Eigewicht der im Boden abgelegten Eier und der Wassergehalt nimmt von 52% auf 82% zu.

Die durchschnittliche Eigröße von A.seniculus ist deutlich geringer als die von A.virens, und auch die durchschnittliche Larvenlänge aller drei Stadien von A.seniculus ist geringer ($\emptyset$ L₃-Stadium bei A.seniculus 2,01 mm bzw. bei A.virens 2,79 mm). Die Kopfkapselbreite ist jedoch bei A.seniculus etwas größer ($\emptyset$ L₃-Stadium bei A.seniculus 0,37 mm bzw. bei A.virens 0,33 mm). Hinsichtlich der Imago-Größe beider Apion-Arten ist die durchschnittliche Körperlänge (ohne Rüssel) von A.seniculus geringer als die von A.virens, der Rüssel von A.seniculus ist jedoch länger.

Unter Laboratoriumsbedingungen fressen die Larven von A.seniculus hauptsächlich in der Basis des Rotkleestengels. Nur bis zum Ansatz des Wurzelhalses wurden Larven und Puppen gefunden, im Wurzelhals selbst nicht. Auch BOVIEN und JØRGENSEN (1936) berichten, daß die Larven von A.seniculus sich in den Stengeln 7 Zoll (~18 cm) über dem Boden befanden. ANDERSEN (1932)

nimmt jedoch an, daß der Stengel nur als Fraßort den Larven dient, und sie sich im Wurzelhals, wie A.virens, verpuppen. Dagegen berichten BOLLOW und DIERCKS (1960), daß sie Larven nur im Wurzelhals gefunden haben. Nach BOVIEN und JØRGENSEN (1936) dringen die Larven von A.virens nur bei kleinen Rotkleepflanzen in den Wurzelhals ein. Auch STEIN (1965) gibt an, daß die Larven von A.virens normalerweise bei Ackerrotklee nicht in dieser Pflanzenzone fressen.

Im Freiland kommen sicher noch viele Insekten vor, die den Wurzelbereich befallen und durch ihre Fraßgänge den Larven von A.seniculus das Eindringen in den Wurzelhals ermöglichen. Bei älteren Pflanzen wurden Beschädigungen durch Larven von Sitona hispidulus und von Elateriden im Wurzelbereich des Rotkleestengels beobachtet (STEIN 1965).

Es ist vermutlich so, daß die unterschiedlichen Befunde der Untersuchungen durch verschiedene Rotkleesorten, Pflanzenzustand und Umweltfaktoren bedingt sind.

Eine Veränderung des Fraßortes frisch geschlüpfter Käfer von A.seniculus am Blatt in den ersten 30 Lebenstagen ist nicht so deutlich erkennbar wie bei A.virens. Es zeigte sich bei A.seniculus nur eine schwache Bevorzugung der Blattspitzenhälfte. Bei A.virens fraßen die Käfer in den ersten 8 Tagen fast nur an der Blattspitzenhälfte und danach bevorzugten sie bis zum Absterben die Basalhälfte. Nach Ansicht von STEIN (1965) spielen vielleicht pflanzenanatomische oder -physiologische Faktoren im Zusammenhang mit der noch unvollkommenen Erhärtung der Mundwerkzeuge bei diesem Verhalten eine Rolle. Da die Fraßbevorzugung der frisch geschlüpften Käfer bei A.seniculus in den ersten 4 Tagen auf die älteren Blätter beschränkt ist, kann angenommen werden, daß die Mundwerkzeuge der Jungkäfer schon kräftiger ausgebildet sind und sie deshalb sowohl an der Blattspitzenhälfte als auch an der -basalhälfte gut fressen können. Bei überwinterten Altkäfern konnte dagegen eine schwache Bevorzugung der Blattbasalhälfte festgestellt werden. Die Frage, welche Faktoren für dieses Verhalten verantwortlich sind, muß noch offen bleiben.

Eine Fraßbevorzugung der Blattunterseite durch frisch geschlüpfte Käfer (1.-30. Lebenstag), wie sie bei überwinterten

Käfern beobachtet wurde, liegt nicht vor. Es tritt also während des Imaginallebens eine Verhaltensänderung ein, die dazu führt, daß bei dem Fraßverhalten überwinteter Käfer neben der Beschaffenheit der Blattunterseite noch negative Phototaxis und positive Geotaxis eine Rolle spielen.

Die Untersuchung über die Beziehung zwischen Fraß, Alter der Käfer und Alter der Rotkleeblätter zeigten, daß die frisch geschlüpften Käfer in den ersten 4 Lebenstagen fast ausschließlich an älteren Blättern fressen. Nach STÄHLIN (1957) enthält Weißer Steinklee einen hohen Gehalt von Cumarin-glykosid, besonders viel in blühenden Pflanzen und jungen Blättern. Wegen des Geruches und des bitteren Geschmacks von Cumarin fressen viele Tiere (Vieh usw.) den Steinklee nicht. Es wird vermutet, daß das vorkommende Cumarin-glykosid in Rotklee (WEHMER 1911) auch in jungen Blättern angereichert ist, wodurch der Fraß von A.seniculus gehemmt werden kann. Im Verlauf des Imaginallebens gewöhnen sich die Käfer vermutlich an die Pflanzeninhaltsstoffe, denn überwinterte Käfer fraßen sowohl an jüngeren als auch an älteren Blättern. Aber auch dabei wurden ältere Blätter bevorzugt. Bei anderen Insekten ist das Fraßverhalten unterschiedlich. Viele Insekten fressen bevorzugt an jungen Pflanzenteilen, z.B. Sitona cylindricollis an jungen Blättern von Melilotus infesta (BEHLAND et al. 1970) oder der Kiefertriebwickler (Rhyacionia buoliana) an Trieben der Spitzenquirle von Jungkiefern (ADLUNG 1964). Manche fressen zwar zunächst an jüngeren Blättern, danach aber unbedingt noch an älteren und härteren, während die Raupen vieler Lepidopteren sich auf jungem Laub nicht entwickeln und "Durchfall" bekommen (BONESS 1970). Nach DADD (nach BONESS 1970) können Wanderheuschrecken im künstlichen Medium mit allen vorhandenen Nährstoffen sich nicht entwickeln, solange sie unverdauliche Zellulose nicht in genügender Menge mit angeboten bekommen. Es ist zu vermuten, daß auch A.seniculus bei Fraß an jüngeren Blättern noch älteres Blattgewebe oder Feststoffe benötigt.

Bei A.seniculus liegt nur eine längere Eiablagezeit von April bis August vor, während bei A.virens in Laboratoriumsuntersuchungen zwei Eiablagezeiten im Jahr vorkommen können. Die Eizahl beider Arten schwankt sehr stark. Die Höchstleistung

der Eiablage pro Weibchen von A.seniculus war nur wenig kleiner als die von A.virens. Die durchschnittliche Eizahl von A.seniculus war nicht geringer als die von A.virens. Das ist erstaunlich, da die Populationsdichte von A.seniculus in den meisten Fällen in Rotkleefeldern auffällig geringer ist als die von A.virens (DICKLER 1968, SCHNELL 1955 und STEIN 1967). Es wird vermutet, daß die interspezifische Konkurrenz beider Arten hier neben anderen Faktoren von Bedeutung ist.

Nach den durchgeführten Wirtspflanzen-Untersuchungen mit A.seniculus ist diese Art oligophag. Sie beschränkt sich innerhalb der Fam. Papilionaceae hauptsächlich auf die Gattung Trifolium. Als geeignete Wirtspflanzen (Brut- und Fraßpflanze) sind Rotklee, Schwedenklee, Inkarnatklee, Alexandrinerklee, Persischer Klee und Luzerne zu nennen. Es ist jedoch fraglich, ob die Käfer auch im Freiland mehrere Kleearten als Wirtspflanze annehmen, wie sie es unter Laboratoriumsbedingungen taten. Nach BOLLOW und DIERCKS (1960), MARKKULA und MYLLYMAKI (1957) u.a. kommt A.seniculus nämlich als Schädling nur an Rotklee und Schwedenklee vor.

ZWÖLFER (1968) berichtet im Hinblick auf Wirtspflanzen über deutliche Unterschiede, die im Freiland und im Laboratorium auftreten. So gilt Centaurea solstitialis als alleinige Wirtspflanze im Freiland für Urophora siruns-seva (Dipt., Trypetidae), während im Laboratorium auch Centaurea moschata DC, C.calcitrapu L., C.nigrescens Willd. und C.montana als Wirtspflanze (Eiablage) angenommen werden.

Nach FRAENKEL (1969) spielen sekundäre Pflanzenstoffe für die Wirtswahl eine große Rolle, während die Pflanzennährstoffe nur von sehr geringer Bedeutung sind. Die Reaktion von Phytophagen auf bestimmte Pflanzen als Wirtspflanzen (Fraß und Eiablage) beruht nach JERMY (1964) auf der Spezialisierung der Chemorezeptoren in Verbindung mit Pflanzeninhaltsstoffen, hauptsächlich sekundären. Z.B. ist Hypericin für den Fraß des Käfers Chrysolina brunvicensis verantwortlich, es ist aber unwirksam bei C.menthastri und C.polita (REES 1969). Nach NAYAR und FRAENKEL (1963a, 1963b) fungieren Linamarin und Lotaustrin als Fraßlockung für Epilachna varivestis und Catalposides für Ceratonia catalpae.

Entscheidend für die Eiablage sind meistens mehr die chemischen Pflanzensubstanzen als die physikalische Beschaffenheit der Pflanze. Die spezifischen Substanzen zur Stimulation der Eiablage sind nicht unbedingt auch für die Fraßtätigkeit verantwortlich (HSIAO 1969). Bei den Untersuchungen mit Lupine, Felderbse, Ackerbohne und Wicke fand weder ein Fraß noch eine Eiablage durch A.seniculus statt. Es ist wahrscheinlich, daß Fraß und Eiablage durch den Geruch von sekundären Pflanzensubstanzen verhindert werden. ADLUNG (1957) konnte dies bei einer Untersuchung mit Raupen des Schwammspinners Lymantria dispar nachweisen. Hierbei zeigte sich, daß die Blätter der Wirtspflanze (Roßkastanie) nicht von den Raupen gefressen wurden, wenn sie mit Extrakten von Blättern des vorher abgelehnten Faulbaumes überspritzt wurden.

Eine Larvenentwicklung von A.seniculus in Lupine, Erbse und Ackerbohne ist nicht möglich. Die Larven starben schon 6 Tage nach der Implantation in der Lupine zu 100%, der Erbse zu 80% und der Ackerbohne zu 50%. Nach STÄHLIN (1957) enthält die Lupine giftige Stoffe (Lupanin, Lupinin, Lupinotoxin). Es ist anzunehmen, daß die Larvenmortalität in der Lupine durch solche giftige Stoffe verursacht wird. Im gleichen Sinne können evtl. auch die Erbsen- und Ackerbohnenalkaloide für die Larvenmortalität von Bedeutung sein. Nach FRÖHLICH (1962) wurde ein Absterben der grünen Erbsenlaus Acyrtosiphon pisum nach dem Saugen an Phaseolus vulgaris beobachtet. Auf der anderen Seite können manche Insekten (Lonoderus vespertinus, Lasioderma serricornis und Melanoplus differentialis) Tabakblätter trotz des giftigen Nicotins als Nahrung ohne Beeinflussung der Lebenstüchtigkeit aufnehmen, da sie das Nicotin zu Cotinine abbauen (HODGSON, SELF und GUTHRIE 1964).

Eine Eiablage und Larvenentwicklung in Hornschotenklee ist möglich, jedoch können Imagines an dieser Pflanze nicht leben. Nach FRAENKEL (1969), HSIAO (1969), JERMY (1964) u.a. haben sekundäre Pflanzenstoffe des Hornschotenklee Einfluß auf Eiablage und Fraßtätigkeit von Insekten. Obwohl Hornschotenklee ein cyanogenes Glykosid enthält (STÄHLIN 1957), können sich die Larven von A.seniculus zu Imagines entwickeln. Es wird vermutet, daß die giftigen Stoffe in der vorhandenen Konzentration keinen Einfluß haben.

Die Untersuchungen im Laboratorium mit Weißklee wiesen nur Eiablage und Fraß der Imagines auf. Eine Larvenentwicklung war in dieser Pflanze dagegen nicht möglich. Als Grund für die Larvenmortalität kommen evtl. giftige Stoffe (Blausäureglykosid), die im Weißklee in hohen Konzentrationen vorhanden sind (STÄHLIN 1957) und/oder Beschaffenheit des Pflanzengewebes im Stengel in Frage. Das Pflanzengewebe im Weißklee-Stengel ist nämlich ziemlich kompakt und härter als das des Rotklee oder Schwedenklee, so daß die Larven hier evtl. nicht weiterfressen. In den Blättern wird das Blausäureglykosid (Lotaustralin) durch Linamarase abgebaut (STÄHLIN 1957), deswegen ist eine Schädigung der Käfer beim Fraß nicht zu beobachten.

Die Angaben von BOLLOW und DIERCKS (1960), SCHERF (1964) und SCHNELL (1955), daß Weißklee als Wirtspflanze für A. seniculus geeignet ist, konnten somit nicht bestätigt werden. Die unterschiedlichen Befunde könnten evtl. durch verschiedene Rassen von A. seniculus oder durch andere Weißkleearten zu erklären sein.

In den durchgeführten Untersuchungen wurde geprüft, ob bei A. seniculus Wirtspflanzen-Rassen auftreten, nachdem Laboratoriumsbeobachtungen dies vermuten ließen. Nach Hopkins Wirtswahlregel (CRAIGHEAD 1921) bevorzugen oligo- und polyphage Insekten dann neue Pflanzen als künftige Nahrung, wenn sie an diesen während ihrer Entwicklung gelebt haben. Eine solche Erscheinung konnte THORPE (1939) z.B. bei der Essigfliege Drosophila melanogaster nachweisen, die normalerweise Pfefferminzgeruch ablehnt. Entwickelten sich die Larven aber in pfefferminzhaltiger Nahrung, so wurden sie als Imagines von Pfefferminz angezogen. Ähnliche Erscheinungen wurden auch von DAVID und GARDINER (1966) und JERMY et al. (1968) nachgewiesen. Im Laufe von Generationen können Insekten an spezifische Stoffe neuer Pflanzen gewöhnt werden. Auch der Einfluß von Adaptation und von sinnesphysiologischen Eigenschaften kann zur Bildung ökologischer Rasse führen (CRAIGHEAD 1921, FRITZSCHE 1968 und SCHWERDTFEGER 1963). Nach MAYR (1963) werden diese sich neu bildenden Rassen als Wirtsrassen bezeichnet. Das Vorkommen von Wirtsrassen ist bei zahlreichen Tieren bekannt: z.B. Rassen des Apfelwicklers Carpocapsa pomonella

an Apfel und Walnuß, Maiszünslerassen Pyrausta nubilalis an Mais und Hopfen, Rassen der Grünen Pfirsichblattlaus Myzus persicae an Kohl, Kreuzblütlern, selten an Kartoffeln einerseits bzw. an Tabak und Gynandropsis pentaphylla andererseits; bei Nematoden treten bei Heterodera schachtii vier wichtige Rassen in Cruciferen und Chenopodiaceen, in Solanaceen, in Gramineen und in Leguminosen auf (BRAIN 1942, SCHWERTFEGER 1963, TISCHLER 1949).

Nach Literaturangaben kommt A. seniculus als Schädling entweder an Rotklee oder an Schwedenklee in bestimmten Ländern Europas vor. MARKKULA und MYLLYMÄKI (1958) fanden, daß die Populationsdichte von A. seniculus in Schwedenkleebeständen größer ist als die von A. virens. SCHNELL (1955) verweist dagegen auf den umgekehrten Fall. In Schleswig-Holstein und in Hessen war die Populationsdichte von A. virens an Rotklee in den meisten Fällen viel stärker als die von A. seniculus (DICKLER 1968, SCHNELL 1955, STEIN 1967).

In den vorliegenden Untersuchungen traten vermutlich zwei Rassen, R-Rasse in Rotklee und S-Rasse in Schwedenklee, auf. Während sich hinsichtlich der Zahl der Weibchen der R-Rasse, die am Rotklee bzw. Schwedenklee Eier ablegten, keine Unterschiede ergaben, legten von der S-Rasse wesentlich weniger Weibchen am Rotklee Eier ab als am Schwedenklee. Die absolute Eizahl der eierlegenden Weibchen war dagegen in jedem Fall an der spezifischen Wirtspflanze mehr als doppelt so hoch als an der fremden Wirtspflanze.

Ähnliche Wirtspflanzenbindung zeigten Untersuchungen von MARKKULA und MYLLYMÄKI (1957): Die Weibchen von Apion apricans, A. assimile und A. virens legten ihre Eier in Rotklee, aber die von A. flavipes und A. seniculus in Schwedenklee. Bei einem Austausch der Wirtspflanzen legten nur 4 von 8 A. apricans, 2 von 3 A. assimile und 2 von 4 A. virens in Schwedenklee ab und die Eizahl betrug etwa ein Zehntel der normal in Rotklee abgelegten Eier. 4 untersuchte Weibchen von A. flavipes und 1 Weibchen von A. seniculus legten keine Eier im Rotklee ab.

Nach SCHWERTFEGER (1963) können reife Eier im Ovar resorbiert werden, wenn die Weibchen sich an Pflanzen befinden, die für die Eisblage ungeeignet sind. Die Inhaltsstoffe der Wirts-

pflanze stimulieren somit sowohl die Bildung der Eier als auch die Eisblagetätigkeit.

Die Frage, ob die größere Körperlänge der S-Rasse genetisch bedingt ist oder von der Wirtspflanze abhängt, konnte nicht geklärt werden.

Die Larvenentwicklung der S-Rasse geht in Schwedenklee etwas langsamer als die der R-Rasse in Rotklee vor sich. Bei einem Pflanzenvergleich entwickelten sich die Larven der S-Rasse im Schwedenklee etwas schneller als in Rotklee, und die Larvenmortalität im Schwedenklee war etwas geringer als im Rotklee. Bei der R-Rasse war dagegen die Mortalität in dem fremden Schwedenklee wesentlich höher. Dies läßt den Schluß zu, daß die R-Rasse stärker spezialisiert und die S-Rasse euryöker als die R-Rasse ist.

9. Zusammenfassung

Die Arbeit hatte das Ziel, einen Beitrag zur Entwicklung, Biologie und Verhalten von Apion seniculus zu liefern. Die wichtigsten Ergebnisse sind:

1. A. seniculus hat nur 1 Generation im Jahr. Die Entwicklung vom Ei bis zum Imago dauert bei annähernd konstanter Temperatur ($21 \pm 3^{\circ}\text{C}$) etwa 40 Tage. Es treten 3 Larvenstadien auf.
2. Die Ausfärbung der Puppe erfolgt progressiv vom 2. Tag an bis zum Schlüpfen. Der Käfer färbte sich völlig am 1. oder 2. Tag nach dem Schlüpfen aus.
3. Im Herbst liegt die erste Kopulationszeit der frisch geschlüpften Käfer, eine zweite im Frühjahr des nächsten Jahres.
4. Die Eiablage findet in den Monaten April bis August (vornehmlich in der Zeit von 14,00 - 22,00 Uhr) statt. Die meisten Eier werden beim Rotklee in den Stengel abgelegt. Gelegentlich findet man auch Eier im Blattstiel.
5. Die Larven von A. seniculus fressen im Stengel bevorzugt in Richtung der Basis des Stengels. Die Länge des Fraßganges steigt allmählich vom 1. bis 19. Tag an, danach bleibt sie etwa gleich bis zur Verpuppung.
Bei A. seniculus liegen 3 Hauptfraßzeiten der Käfer im Jahr vor. Sowohl junge als auch überwinterte Käfer bevorzugen für den Fraß die älteren Blätter. Junge Käfer fressen in den ersten 30 Lebenstagen vor allem an der Blattspitzenhälfte, überwinterte Käfer dagegen überwiegend an der Blattbasalhälfte. Die Bevorzugung der Blattunterseite als Fraßort durch die überwinterten Käfer wird durch die Beschaffenheit der Blattunterseite, die positive Geotaxis und die negative Phototaxis bewirkt.
6. Der Kopulationsvorgang wurde mit Hilfe eines Binokulars beobachtet. Vom Eindringen des Penis bis zum Ende der Kopulation dauerte er etwa 35 Minuten.
7. Die Eiablage ins Pflanzengewebe wurde beobachtet und beschrieben. Fressen des Eiablageloches und deren anschließende Eiablage dauern insgesamt etwa 8-9 Minuten.

8. Von 12 getesteten Pflanzen waren Rotklee, Schwedenklee, Inkernatklee, Alexandrinerklee, Persischer Klee und Luzerne als Wirtspflanze (Brut- und Fraßpflanze) geeignet. Bei Hornschotenklee und Wicke ist die Larvenentwicklung möglich, aber die Käfer können an beiden Pflanzen nicht leben. Nur wenige Eier wurden in Hornschotenklee gefunden, in Wicke überhaupt keine. Eisblage und Fraß finden bei Weißklee zwar statt, doch können sich die Larven nicht entwickeln. Ganz eindeutig wurden Lupine, Felderbse und Ackerbohne als Wirtspflanzen für A.seniculus ausgeschlossen.
9. Durch eine Reihe von Untersuchungen mit Käfern, die von einem Rotklee- oder Schwedenklee-Feld bzw. einer Schwedenklee-Wiese stammten, konnte geklärt werden, daß zwei Wirtsrassen (R-Rasse in Rotklee und S-Rasse in Schwedenklee) vorkommen. Die Zahl der abgelegten Eier pro Weibchen war bei beiden Rassen in der eigenen Wirtspflanze jeweils deutlich höher als in der fremden. Die Larvenentwicklung der S-Rasse zeigte in beiden Pflanzen keine deutlichen Unterschiede, diese traten dagegen bei der R-Rasse in Erscheinung.

10. Literaturverzeichnis

- Adlung, K.G. (1957): Zur Anlockung des Schwammspinners (Lymantria dispar L.) an seine Wirtspflanzen. Z. angew. Zool. 44, 61-78.
- Adlung, K.G. (1964): Zum Auftreten einiger Laus- und Käferarten an Jungkiefern. Anz. Schädlingskunde 37, 90-91.
- Andersen, K.Th. und Schaeffler (1932): Spitzmäuschen (Apion virens Hbst. und Apion seniculus Kirby) als Klee-schädlinge. Z. Pfl.krankh. 42, 18-28.
- Bachthaler, G. (1957): Rotklee-schäden durch das Spitzmäuschen Apion seniculus Kirby. Pflanzenschutz 9, 60.
- Beland, G.L., Ackeson, W.R. and Manglitz, G.R. (1970): Influence of plant maturity and plant part on nitrate content of the sweetclover weevil-resistant species Melilotus infesta. J.econ.Ent. 63, 1037-1039.
- Bollow, H. und Diercks, R. (1960): Spitzmäuschen (Apion) als Schädlinge im Wurzelhals und in den unteren Stengeln des Rotklee. Pflanzenschutz 12, 25-30.
- Boness, M. (1970): Nahrung und Ernährung der Insekten, ihre Erforschung und praktische Bedeutung. Z. angew. Ent. 65, 223-230.
- Bovien, P. und Jørgensen, M. (1934): Preliminary investigations of attacks of Apion spp. in clover heads. Tidsskr. Plantesavl 40, 375-404 (nach Bollow, H. und Diercks, R., Pflanzenschutz 12, 25-30, 1960).
- Brain, C.K. (1942): The tobacco aphid. Rhod. Agric. J. 39, 241-243 (nach Müller, F.P., Z. angew. Ent. 58, 76-82, 1966).
- Craighead, F.C. (1921): The Hopkins host-selection principle as related to certain Cerambycid beetles. J. agr. Res. 22, 189-220 (nach Schwerdtfeger, F., Ökologie der Tiere. Band 1. Autökologie. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin 461 S., 1963).

- David, W.A.L. und Gardiner, B.O.C. (1966): The effect of Sini-grin on the feeding of Pieris brassicae L. larvae transferred from various diets. Ent. exp. & appl. 9, 95-98.
- Deseö, K.V. (1967): Contribution to the biology of Apion species occuring on red clover in Hungary. Acta. Phyto. Acad. Sci. Hung. 2, 141-152.
- Dickler, E. (1968): Untersuchungen zur Besiedlung von wiesen-nahen Leguminosenkulturen durch Rüsselkäfer. Z. angew. Zool. 55, 129-192.
- Eidmann, H. und Köhlhorn, F. (1970): Lehrbuch der Entomologie. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 633 S.
- El-Dessouki, S. (1970): Der Einfluß von Larven der Gattung Sitona (Col., Curculionidae) auf einige Legumino-sen. Dissertation Gießen.
- Fraenkel, G. (1969): Evaluation of our thoughts on secondary plant substances. Ent.exp. & appl. 12, 473-486.
- Frauenfeld, G.V. (1866): Zoologische Miscellen X, Verh. zool. botan.Ges., Wien, 963. (nach Bollow, H. und Diercks, R., Pflanzenschutz 12, 25-30, 1960).
- Fritzsche, R. (1968): Angewandte Entomologie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 381-389, 778 S.
- Fröhlich, G. (1962): Das Verhalten der Grünen Erbsenlaus Acyrtosiphon pisum (Harris) gegenüber verschie-denen Wirtspflanzen und Temperaturveränderungen. Z. angew. Ent. 51, 55-68.
- Hodgson, E. Self, L.S., Guthrie, F.E. (1964): Adaptation of insects to toxic plants. Proc.12th.Intern.Congr. Entomol. London, 210, 842 pp.
- Hsiao, T.H. (1969): Chemical basis of host selection and plant resistance in oligophagous insects. Ent.exp. & appl. 12, 777-788.
- Jermy, T. (1964): The Role of rejective stimuli in the host selection of phytophagous insects. Proc. 12th. Intern.Congr. Entomol., London, 547, 842 pp.

- Jermy, T., Hanson, F.E. und Dethier, V.G. (1968): Induction of specific food preference in lepidopterous larvae. Ent. exp. & appl. 11, 211-230.
- Kokorin, A.N. (1960): On the biological basis of control measures against pest of the order Coleoptera. Trud.vsesoyuz. Inst. zashch. Rast. 13-30 (nach Rev. appl. Ent. 50, 114, 1962).
- Loughlin, R. (1957): Absorption of water by the egg of the garden chafer (Phyllopertha horticola). J. exp. Biol. 34, 226-236 (nach Schwerdtfeger, F., Ökologie der Tiere. Band 1. Autökologie. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin 461 S., 1963).
- Märkku, M. and Myllymäki, S. (1957): Investigation into the oviposition on red and alsike clover and alfalfa of Apion apricans Herbst, A. assimile Kirby, A. flavipes Payk., A. seniculus Kirby and A. virens Herbst (Col., Curculionidae). Ann. Ent. Fennici 23, 203-207.
- Märkku, M. and Myllymäki, S. (1958): On the size and location of the eggs of Apion apricans Herbst, A. assimile Kirby, A. flavipes Payk., A. seniculus Kirby and A. virens Herbst (Col., Curculionidae). Ann. Ent. Fennici 24, 1-11.
- Märkku, M. and Myllymäki, S. (1958): The composition of the Apion (Col., Curculionidae) population of grassland legumes and some wild leguminous plants. Ann. Ent. Fennici 24, 97-124.
- Mayr, E. (1967): Artbegriff und Evolution. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin. 617 S.
- Nayar, J.K. and Fraenkel, G. (1963a): The chemical basis of host selection in the catalpa sphinx, Ceratomia catalpae (Lep. Sphingidae). Ann. entom. Soc. Amer. 56, 119-122 (nach Fraenkel, G., Ent. exp. & appl. 12, 473-486, 1969).
- Nayar, J.K. and Fraenkel, G. (1963b): The chemical basis of host selection in the Mexican bean beetle, Epilachna varivestis. Ann. entom. Soc. Amer. 56, 174-178 (nach Fraenkel, G., Ent. exp. & appl. 12, 473-486, 1969).

- Ozols, E. (1938): Report of the Latvian Institute for Plant Protection 1937-1938 - Rep. Latv. Chamb. Agric. 1937-1938, Riga 1938, 12 S. (nach Bollow, H. und Diercks, R., Pflanzenschutz 12, 25-30, 1960).
- Rees, C.T.C. (1969): Chemoreceptor specificity associated with choice of feeding site by the beetle, Chrysomela brunsvicensis on its foodplant, Hypericum hirsutum. Ent. exp. & appl. 12, 565-583.
- Rezwani, A. (1970): Vergleichende Untersuchungen über Ökologie, Biologie und Verhalten verschiedener Sitona-Arten. Dissertation Gießen.
- Roonwal, M.L. (1936): The growth-changes and structur of the egg of the African migratory locust, Locusta migratorioides, R. & F. (Orthoptera, Acrididae). Bull. ent. Res. 27, 1-14 (nach Schwerdtfeger, F., Ökologie der Tiere. Band 1. Autökologie. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin 461 S., 1963).
- Scherf, H. (1964): Die Entwicklungsstadien der mitteleuropäischen Curculioniden (Morphologie, Bionomie, Ökologie). Abh. Senckenb. naturf. Ges. (506), 1-335.
- Schnell, W. (1955): Synökologische Untersuchungen über Rüsselkäfer der Leguminosenkulturen. Z. angew. Ent. 37, 192-238.
- Schwerdtfeger, F. (1938): Laboratoriumsuntersuchungen über die Lebensdauer der Maikäfer. Anz. Schädlingskunde 14, 1-5.
- Schwerdtfeger, F. (1963): Ökologie der Tiere. Band 1. Autökologie. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin. 461 S.
- Servadei, A. (1956): Notes on the bionomics of Apion seniculus Kirby (Fifth contribution to knowledge of the insect fauna of leguminous fodder plants). Boll. Lab. Zool. Portici 33 pp., 621-628 (nach Rev. appl. Ent. 45, 381, 1957).

- Sopotzko, A. (1915): Report on the work on the station for 1913 and 1914. - Published by the Entomological Station of Zemstvo of the Govt. Tula 1915, 29 S. (nach Bollow, H. und Diercks, R., Pflanzenschutz 12, 25-30, 1960).
- Stählin, A. (1957): Die Beurteilung der Futtermittel. Neumann-Verlag, Radebeul und Berlin, 807 S.
- Stein, W. (1965): Das Fraßverhalten von Apion virens Herbst (Col., Curculionidae) an Rotklee (Trifolium pratense). Z. angew.Ent. 55, 389-399.
- Stein, W. (1967): Die Rüsselkäferfauna des Grünlandes und ihre phytopathologische Bedeutung. Z.angew.Ent. 60, 141-181.
- Stein, W. (1968): Zur Biologie, Morphologie und Verhaltensweise von Apion virens Herbst (Col., Curculionidae). Oecologia 1, 49-86.
- Stein, W. (1969): Hibernation of Curculionids in Meadows and Red-Clover Fields. Oecologia 4, 218-220.
- Thorpe, W.H. (1939): Further studies on preimaginal olfactory conditioning in insects. Proc. Roy. Soc. Lond. B. 127, 427-433 (nach Schwerdtfeger, F., Ökologie der Tiere. Band 1. Autökologie. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin 461 S., 1963).
- Tischler, W. (1949): Grundzüge der terrestrischen Tierökologie. Braunschweig. 219 S. (nach Schwerdtfeger, F., Ökologie der Tiere. Band 1. Autökologie. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 461 S., 1963).
- Wehmer, C. (1911): Die Pflanzenstoffe. Verlag Gustav Fischer, Jena. 937 S.
- Zwölfer, H. (1968): Untersuchungen zur biologischen Bekämpfung von Centaurea solstitialis L. - Strukturmerkmale der Wirtspflanze als Auslöser des Eisblageverhaltens bei Urophora siruna-seva (Hg.) (Dipt., Trypetidae). Z. angew. Ent. 61, 119-130.

Herrn Professor Dr. W. Stein sei an dieser Stelle für die Überlassung des Themas, die vielfältige Unterstützung und das stete Interesse am Fortgang der Arbeit gedankt.

Herrn Professor Dr. F. Großmann danke ich für die Überlassung des Arbeitsplatzes im Institut.

Allen Institutsangehörigen danke ich für die freundliche Zusammenarbeit.

Ferner möchte ich mich beim Deutschen Akademischen Austauschdienst für die finanzielle Förderung der Arbeit und bei der Kasetsart Universität für die Erlaubnis zur Durchführung dieser Arbeit bedanken.

Lebenslauf

Am 3. VIII. 1939 wurde ich, Kwanchai Sombatsiri, als Sohn des Beamten im Finanzministerium Likid Sombatsiri und seiner Ehefrau Lamul Latanaserie geboren.

Von 1945-1949 besuchte ich die Phurotakanon Schule (Primary school), anschließend war ich von 1949-1957 in der Suankularb Schule (Secondary school).

Von 1957-1962 besuchte ich die Kasetsart Universität, wo ich den B.Sc.agr. (Hons) in Entomologie erhalten habe.

Von 1962-1966 arbeitete ich in der Abteilung "Entomologie und Phytopathologie" an der Kasetsart Universität.

Ab Juli 1966 hatte ich ein Stipendium vom D.A.A.D. in Deutschland.

Von Juli 1966 bis Oktober 1966 war ich im Goethe-Institut Degerndorf, anschließend besuchte ich im Wintersemester 1966-1967 den Deutschkurs an der Justus Liebig-Universität in Gießen.

Von 1967-1968 studierte ich Landwirtschaft an der Justus Liebig-Universität Gießen. Dort legte ich im Oktober 1968 die Diplomprüfung in der Fachrichtung Pflanzenproduktion ab.

Ab Oktober 1968 begann ich im Institut für Phytopathologie der Universität Gießen mit der vorliegenden Arbeit.

FOTO-DRUCK LENZ · 63 Gießen · Riegelpfad 32, Ecke Ludwigstraße
Telefon 0641-77449